

**INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO**

**ESCUELA DE MECANICA AERONAUTICA**

**HABILITACION Y AUTOMATIZACION DEL HORNO PARA  
TRATAMIENTOS TERMICOS MARCA DESPATCH DEL  
LABORATORIO DE MECANICA BÁSICA DEL ITSA**

**POR:**

**ALNO. LOPEZ VELASCO MARCO ANTONIO  
ALNO. MASAQUIZA CULQUI WASHINGTON OMAR**

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

**TECNOLOGOS EN MECANICA AERONAUTICA**

**2002**

## **CERTIFICACION**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs. **Alno. López Velasco Marco Antonio** y **Alno. Masaquiza Culqui Washington Omar**, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNOLOGOS MECANICOS AERONAUTICOS**.

-----  
**Ing. Guillermo Trujillo J.**

**Latacunga, 02 de Octubre del 2002**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo esta dedicado primeramente a Dios, por habernos guiado por el camino del bien pudiendo así llegar a culminar nuestros estudios en esta institución.

A nuestros Padres por el esfuerzo que día a día hemos recibido, convirtiéndose en los puntales y forjadores de nuestros valores morales y espirituales para hacernos hombres de bien y para ser útiles a la sociedad.

A nuestras Familias que han sido el pilar fundamental para cumplir todas nuestras metas propuestas y sueños mas preciados de esta vida.

Alno. López Velasco Marco Antonio.

Alno. Masaquiza Culqui Washington Omar.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Fuerza Aérea Ecuatoriana por brindarnos la posibilidad de poder obtener una mejor capacitación en una de las instituciones mas prestigiosas del país y por ser la pionera en brindar tecnologías en aeronáutica.

Al Sr. Ing. Guillermo Trujillo por ser la persona que nos brindo su apoyo y conocimiento para llegar a culminar con éxito este Proyecto de Tesis.

A todo el personal que labora en el ITSA que supieron brindarnos todo su apoyo para la elaboración de este proyecto, a ellos va dedicado este agradecimiento.

Alno. López Velasco Marco Antonio.

Alno. Masaquiza Culqui Washington Omar.

## **INDICE**

## **PAGINA**

### **CONTENIDO**

|   |          |
|---|----------|
| <b>Introducción.....</b>                            | <b>1</b> |
| <b>Justificación y definición del problema.....</b> | <b>1</b> |
| <b>Objetivo General.....</b>                        | <b>2</b> |
| <b>Objetivo Especifico .....</b>                    | <b>2</b> |
| <b>Alcance .....</b>                                | <b>3</b> |

### **CAPITULO I MARCO TEORICO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.1 Principios de funcionamiento de un horno para tratamientos térmico.....</b> | <b>4</b>  |
| <b>1.2 Partes de un horno.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>1.2.1 Aisladores térmicos.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.2.1.1 Rendimiento y forma de loa aisladores térmicos.....</b>                 | <b>5</b>  |
| <b>1.2.1.2 Selección de los aisladores.....</b>                                    | <b>6</b>  |
| <b>1.2.2 Refractarios.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>1.2.2.1 Tipos de refractarios.....</b>  | <b>11</b> |

|  |    |
|--|----|
| 1.2.3 Paredes de los hornos.....   | 16 |
| 1.2.3.1 Selección de refractarios.....                                   | 17 |
| 1.3 Tipos de hornos eléctricos.....                                      | 19 |
| 1.4 Tratamientos térmicos.....   | 24 |
| 1.4.1 Tratamiento térmico.....   | 25 |
| 1.4.2 Tipos de tratamientos térmicos.....                                | 25 |
| 1.5 Características del laboratorio y sistemas de funcionamiento.....    | 31 |
| 1.5.1 Características de Laboratorio de Mecánica básica del I.T.S.A..... | 31 |
| 1.5.2 Sistema de funcionamiento.....                                     | 32 |
| 1.5.2.1 Sistema académico.....   | 32 |
| 1.5.2.2 Sistema de investigación aplicada.....                           | 36 |
| 1.5.2.3 Sistema de servicios externos .....                              | 39 |

## **CAPITULO II: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.1. Ubicación del horno..... | 43 |
| 2.2 Estructura.....           | 44 |
| 2.3 Sistema Térmico .....     | 45 |
| 2.4 Sistema Eléctrico.....    | 46 |
| 2.5 Sistema de Control.....   | 47 |

## **CAPITULO III: HABILITACION Y AUTOMATIZACIÓN DEL HORNO**

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 3.1 Estructura.....         | 49 |
| 3.2 Sistema Térmico .....   | 50 |
| 3.3 Sistema Eléctrico.....  | 50 |
| 3.4 Sistema de Control..... | 51 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.5 Pruebas de Funcionamiento .....</b>  | <b>54</b> |
| <b>3.5.1. Prueba de Funcionamiento.....</b> | <b>55</b> |

#### **CAPITULO IV: ELABORACIÓN DE MANUAL Y HOJAS DE REGISTRO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1 Manual de Mantenimiento .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>4.2 Manual de Verificación .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>4.3 Manual de instrucciones .....</b>  | <b>61</b> |
| <b>4.4 Hojas de registro .....</b>  | <b>63</b> |
| <b>4.5. Elaboración de un Plan de calibración , verificación y Mantenimiento anual del Horno.....</b> | <b>71</b> |

#### **CAPITULO V: ESTUDIO ECONOMICO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5.1 Presupuesto .....</b>                    | <b>72</b> |
| <b>5.2 Análisis Económico- Financiero .....</b> | <b>72</b> |

#### **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>6.1 Conclusiones.....</b>     | <b>76</b> |
| <b>6.2 Recomendaciones .....</b> | <b>77</b> |

## **LISTADO DE TABLAS**

## **PAGINA**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>TABLA 1.1 Matriz operativa de proceso de realización de prácticas – proceso académico.....</b>              | <b>34</b> |
| <b>TABLA 1.2 Matriz operativa del proceso de investigación aplicada .....</b>                                  | <b>38</b> |
| <b>TABLA 1.3 Matriz operativa del proceso de ensayo / calibración sistema de prestación de servicios .....</b> | <b>42</b> |
| <b>TABLA 2.1 Componentes del Sistema térmico .....</b>   | <b>45</b> |
| <b>TABLA 2.2 Componentes del Sistema eléctrico .....</b>   | <b>46</b> |
| <b>TABLA 2.3 Componentes del Sistema de control .....</b>  | <b>48</b> |
| <b>TABLA 3.1 Valores de dureza inicial y final del acero .....</b>   | <b>55</b> |
| <b>TABLA 5.1 Lista de materiales para habilitación del horno .....</b>   | <b>73</b> |
| <b>TABLA 5.2 Lista de equipos de control para la habilitación y automatización .....</b>                       | <b>73</b> |
| <b>TABLA 5.3 Costo de mano de obra .....</b>   | <b>74</b> |
| <b>TABLA 5.4 Costo de otros Gastos .....</b>   | <b>74</b> |
| <b>TABLA 5.5 Costo total de la habilitación y automatización del Horno .....</b>                               | <b>75</b> |



## **LISTADO DE FIGURAS**

## **PAGINA**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>FIGURA 1.1 Cámara de calentamiento con resistores en las paredes laterales y en el hogar.....</b> | <b>21</b> |
| <b>FIGURA 1.2 Cámara de calentamiento con resistores en el techo del hogar .....</b>                 | <b>21</b> |
| <b>FIGURA 1.3 Relaciones volumétricas en equilibrio .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>FIGURA 1.4 Influencia de la velocidad de enfriamiento .....</b>                                   | <b>29</b> |
| <b>FIGURA 1.5 Diagrama de Áreas de trabajo .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>FIGURA 1.6 Flujograma de realización de prácticas / proceso académico .....</b>                   | <b>33</b> |
| <b>FIGURA 1.7 Flujograma de proceso de investigación aplicada .....</b>                              | <b>37</b> |
| <b>FIGURA 1.8 Flujograma de prestación de servicios .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>FIGURA 1.9 Flujograma de prestación de servicios (continuación) .....</b>                         | <b>41</b> |
| <b>FIGURA 2.1 Ubicación del Horno en el LMB .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>FIGURA 2.2 Situación actual de la estructura del horno.....</b>                                   | <b>44</b> |
| <b>FIGURA 2.3 Corrosiones .....</b>  | <b>45</b> |
| <b>FIGURA 2.4 Entrada de tensión hacia las Resistencias.....</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>FIGURA 2.5 Calentadores Térmicos Tipo resistencia .....</b>                                       | <b>46</b> |
| <b>FIGURA 2.6 Sistema eléctrico .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>FIGURA 2.7 Seleccionador de desconexión principal .....</b>                                       | <b>47</b> |
| <b>FIGURA 2.8 Dispositivo de control de calentamiento .....</b>                                      | <b>48</b> |
| <b>FIGURA 3.1 Estructura Actual del Horno.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>FIGURA 3.2 Control límite alto de temperatura (dañado).....</b>                                   | <b>51</b> |
| <b>FIGURA 3.3 Controlador de temperatura ON-OFF (reemplazo).....</b>                                 | <b>51</b> |
| <b>FIGURA 3.4. Selector de encendido / apagado (dañado) .....</b>                                    | <b>51</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>FIGURA 3.5 Pulsadores rojo y verde (ON-OFF) .....</b>                                  | <b>51</b> |
| <b>FIGURA 3.6 Diagrama eléctrico del control encendido / apagado del horno .....</b>      | <b>52</b> |
| <b>FIGURA 3.7 Controles actuales del horno .....</b>                                      | <b>52</b> |
| <b>FIGURA 3.8 Diagrama del circuito de alimentación para los controladores.....</b>       | <b>53</b> |
| <b>FIGURA 3.9 Diagrama eléctrico de la luz indicadora de calentamiento del horno ....</b> | <b>53</b> |
| <b>FIGURA 3.10 Accionamiento de las resistencias de calentamiento.....</b>                | <b>54</b> |
| <b>FIGURA 3.11 Diagrama de Ventilación del horno .....</b>                                | <b>54</b> |
| <b>FIGURA 3.12 Secuencia de Funcionamiento del horno .....</b>                            | <b>57</b> |

# **LISTADO DE ANEXOS**

**ANEXO A ( PLANO DEL LABORATORIO)**

**ANEXO B (PLANOS DEL HORNO)**

**ANEXO C (MANUAL DEL HORNO INGLES-ESPAÑOL)**

**ANEXO D ( TRATAMIENTOS TERMICOS - INFORMACION)**

**ANEXO E (INFORME DE INSPECCION DE NDI)**

## **INTRODUCCION**

Se sabe que en los Laboratorios de Mecánica, es muy importante disponer de un horno para tratamientos térmicos, ya que al momento en que el alumnado realiza trabajos prácticos de construcción, reparación de una serie de componentes estructurales de una aeronave o de cualquier otro tipo de relación estructural, se requiere que los materiales tengan las condiciones óptimas para obtener buenos resultados, por lo que, es necesario, someterlos a tratamientos térmicos para mejorar las propiedades metalúrgicas para ser maquinados, y obteniéndose así una reducción en la relación tiempo – costos, por lo que en el Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA se dispone de un horno para tratamientos térmicos marca Despatch el cual va a ser habilitado y automatizado para brindar un mayor conocimiento al alumnado y también poder generar una fuente de autogestión para el Laboratorio.

Este tipo de horno, de fácil manejo, contiene manuales de mantenimiento, hojas de registro, planos, además la descripción del sistema de control automatizado.

Los sistemas eléctricos, estructurales y de control permiten al horno brindar un alto grado de seguridad en el momento de realizar trabajos, para prevenir posibles daños materiales.

### **JUSTIFICACION Y DEFINICION DEL PROBLEMA.**

En la actualidad el ITSA dispone de un laboratorio de Mecánica Básica situado en el bloque 42, en el cual existe un horno para tratamientos térmicos marca Despatch, la falta de información sobre el uso y mantenimiento, hizo que el horno sufra daños en los sistemas eléctricos, térmicos, estructurales, los cuales necesitan ser habilitados o cambiados para que entre nuevamente en funcionamiento.

Un sistema de control limitará el tiempo dentro del proceso térmico o en caso de que el operario, por descuido, no se percate de apagar el horno, este control hará que se apague

automáticamente un periodo determinado de tiempo, por lo que se implementa un sistema de control automático de apagado.

La falta de información sobre el horno es uno de los problemas que ha causado que el horno entre en condiciones de “Reparable”. La implementación de manuales de registro, de operación, verificación, instrucción, hojas de registro, además la elaboración de un plan de calibración, verificación y mantenimiento anual, dará al Horno condición de ” servible”.

Todos estos manuales van a estar a disposición de todo usuario del horno de modo que se reduzca la posibilidad de daños materiales o daños humanos.

Con la habilitación, automatización y la elaboración de manuales de mantenimiento para la operación del horno se puede dar un mayor servicio a las actividades realizadas en el Laboratorio de Mecánica Básica, tanto a dependencias de la FAE., como a personas externas a la fuerza.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Habilitar y Automatizar el Horno para Tratamientos Térmicos marca Despatch ubicado en el bloque 42 del ITSA.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Buscar información técnica sobre el horno para tratamientos térmicos.
- Analizar el estado actual del horno.
- Determinar los requerimientos técnicos del mismo.
- Identificar debilidades y amenazas a las cuales está sometido este equipo.
- Habilitar el horno.
- Colocar un sistema de control para tratamientos térmicos por tiempo.
- Realizar pruebas de eficiencia y funcionamiento.
- Realizar manuales de mantenimiento, procedimiento y verificación.

- Elaborar formatos de registros.
- Traducir el manual de identificación técnica al español.

## **ALCANCE**

Esta Habilitación y Automatización del Horno para Tratamientos Térmicos marca Despatch permitirá cubrir las necesidades del laboratorio de Mecánica Básica del I.T.S.A, además podrá servir de ayuda para otros laboratorios, como el Hangar de Aviones del Ala N° 12 y poder generar una sistema de autogestión de los laboratorios de la Escuela de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

### **1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN HORNO PARA TRATAMIENTOS TERMICOS**

Para la ejecución de los Tratamientos Térmicos es necesario:

- Medios de calentamiento
- Medios de Enfriamiento
- Aparatos de control exacto de temperatura.

El calentamiento se efectúa en hornos especiales. Los hornos para Tratamientos Térmicos pueden calentarse con combustibles líquidos, con gas, o por medio de la electricidad. Actualmente los mas empleados son los de calentamiento eléctrico, sea de resistencias, de arco o de inducción, por presentar las siguientes ventajas:

- Mayor facilidad de conducción
- Posibilidad de una regulación de temperatura uniforme, actuando sobre la corriente.
- Menor volumen.

### **1.2. PARTES DE UN HORNO**

Las partes que conforman un horno, difieren del tipo de horno, pero las partes con las que la mayoría funcionan son:

- Aisladores
- Refractarios
- Paredes de los hornos

El horno Dispatch en Habilitación, es similar a un tipo de horno de mufla que esta formado de una cámara revestida interiormente de material refractario y exteriormente de plancha metálica. Entre el refractario y la plancha va dispuesto un material calorífugo. Las

resistencias de calentamiento están alojados en canalillos practicados en la solera del refractario, y según las necesidades, puede ir también situadas en las paredes o en el cielo del horno.

La puerta revestida interiormente de material aislante y refractario, va unido a un contrapeso que facilita las maniobras de apertura y cierre.

### **1.2.1. AISLADORES TERMICOS**

Los aisladores o aislamientos térmicos consistentes en un solo material, una mezcla de materiales o una estructura compuesta, se selecciona para reducir la transmisión de calor. La efectividad aislante se juzga sobre la base de la conductividad térmica y depende de la estructura física y química del material. El calor transferido a través de un aislador ocurre por conducción sólida, conducción por gas y por radiación. La conducción sólida se reduce mediante partículas o fibras de tamaño pequeño en el aislamiento de relleno suelto y mediante celdas de pared delgada en las espumas. La conducción por gas se produce al proveer numerosos poros pequeños (ya sea interconectados o cerrados entre sí) del orden de trayectorias medias libres de las moléculas del gas, al usar como sustitutos gases de baja conductividad térmica o en la evacuación de los poros a una baja presión. La radiación se produce al agregar materiales que absorben, reflejan o dispersan la energía radiante.

#### **1.2.1.1. RENDIMIENTO Y FORMA DE LOS AISLADORES TERMICOS.**

1. Depende de la temperatura de la superficie que les circunda y de su emitancia, la densidad del aislador, el tipo de presión dentro de los poros, el contenido de humedad, la resistencia a los choques térmicos y la acción de las cargas y vibraciones mecánicas. En las aplicaciones temporales hay que considerar la capacidad térmica del aislador que afecta el régimen de calentamiento o enfriamiento.

La forma de los aisladores puede ser relleno suelto (burbujas, escamas, gránulos, polvos), flexibles (guatas, mantillas, fieltro, hojas de capas múltiples y tubulares), rígidos (bloques,



tableros, ladrillos, moldeados especiales, forros para láminas y tubos), pegados con adhesivos o cemento, espumados en el sitio o asperjados.

### **1.2.1.2. SELECCION DE LOS AISLADORES**

La selección de los aisladores la dicta la gama de temperaturas de servicio así como los criterios para el proyecto y las consideraciones económicas.

Estas temperaturas son las siguientes:

- Temperaturas criogénicas [inferiores a  $-102^{\circ}\text{C}$  ( $-150^{\circ}\text{F}$ )]
- Refrigeración, calefacción y acondicionamiento de aire hasta  $120^{\circ}\text{C}$  ( $250^{\circ}\text{F}$ )
- Temperaturas moderadas [hasta  $650^{\circ}\text{C}$  ( $1200^{\circ}\text{F}$ )]
- Altas temperaturas [mas de  $820^{\circ}\text{C}$  ( $1500^{\circ}\text{F}$ )]

#### **Temperaturas criogénicas [inferiores a $-102^{\circ}\text{C}$ ( $-150^{\circ}\text{F}$ )]**

A las bajas temperaturas experimentadas con líquidos criogénicos, los aisladores evacuados, de capas múltiples consistentes en una serie de escudos contra la radiación de alta reflexividad, separados por espaciadores de baja conductividad, son materiales efectivos. Los materiales de escudo o blindaje contra radiación son hojas de aluminio o películas de poliéster aluminizado utilizadas en combinación con espaciadores de fibra poliéster delgado o de papeles de fibra de vidrio; los escudos contra radiación de película de poliéster aluminizado, rizada sin espaciadores también se utilizan. Para que los aisladores de capa múltiple sean eficaces; se requiere un vacío de cuando menos  $10^{-4}$  mm Hg. Los aisladores de polvos y fibras evacuadas pueden ser eficaces con presiones de gas hasta de 0.1 mm Hg en una amplia gama de temperaturas. El polvo incluye sílice coloidal (diámetro de partículas de  $8 \times 10^{-7}$  pulgadas), aerogel de sílice ( $1 \times 10^{-6}$  pulgadas), silicato de calcio sintético (0.001 pulgadas), y perlita (una forma expandida de partículas cristalinas de lava volcánica, de 0.05 pulgadas de diámetro).

Los aisladores de polvo se pueden opacificar con partículas de cobre, aluminio o carbono para reducir la transmisión de energía radiante. Los aisladores de fibra consisten en cojines o colchones de fibra dispuestas en capas ordenadas, paralelas ya sea con aglutinantes o con un mínimo de aglutinantes. La fibra de vidrio ( de diámetro de  $10^{-5}$  pulgadas) son las de uso mas frecuente. Para instalaciones grandes para proceso en cajas y cuartos fríos, son útiles el polvo de perlita o fibras minerales sin evacuar.

Los plásticos orgánicos espumados ya sea con el uso de hidrocarburos fluorados u otros gases como agentes expansores se evacuan en forma parcial cuando los gases que hay dentro de las celdas cerradas se condensan al exponerlos a bajas temperaturas. Con frecuencia se usan las espumas de poliestireno y poliuretano. Se requieren barreras herméticas a los gases para evitar un aumento en la conductividad térmica cuando hay envejecimiento debido a la difusión de aire y humedad en el aislador de espuma. Las barreras contra gases se hacen con hoja de aluminio, películas de poliéster, y película de poliéster laminada con hojas de aluminio.

### **Refrigeración, calefacción y acondicionamiento de aire hasta 120°C (150°F)**

A las temperaturas concurrentes con los sistemas de refrigeración comercial y aislamiento para edificios se debe instalar barreras contra vapor que resistan la difusión de vapor de agua, en el lado caliente de la mayoría de tipos de aisladores, si se espera que las temperaturas dentro del aislador bajen a menos del punto de rocío (esta condición permitirá la condensación del vapor de agua dentro del aislador y una disminución considerable en la efectividad del aislador). Las barreras contra vapor incluyen papel impregnado con aceite o alquitrán, papel laminado con hoja de aluminio y película de poliéster.

Los aisladores que tienen una piel o estructura externa impenetrable requieren un sellador a prueba de vapor en las juntas descubiertas para evitar la acumulación de humedad o la formación de hielo debajo del aislador.

Los aisladores de relleno suelto incluyen polvos y gránulos, tales como perlita, vermiculita (una formación expandida de la mica), aerogel de silicio, silicato de calcio, perla de plástico orgánico expandidas, corcho granulado ( la corteza del alcornoque), carbón vegetal granulado, lana de secoya ( corteza de la secoya echa fibra) y fibras sintéticas. Las fibras con usos más extensas son las de vidrio, roca o escoria producida por atenuación centrífuga o atenuación con gases calientes.

Los aisladores flexibles o mantillas incluyen los que se hacen con fibras de vidrio con aglutinante orgánico; lana de roca, lana de escoria, papel macerado o fieltro de pelo, colocados entre el laminado de papel o ligados con el mismo (incluyendo el material de la barrera contra vapores) o arpilleras; plásticos orgánicos espumados en forma de hojas y cojinetes (poliuretano, polietileno); espuma elastomérica de celdas cerradas en forma de láminas cojinetes o tubos.

Los aisladores rígidos o en tableros (disponible en la amplia gamma de densidades y propiedades estructurales) incluyen los plásticos orgánicos espumados tales como poliestireno (cuentas extruídas o moldeadas), poliuretano, cloruro de polivinilo, fenolitos y ureas, madera de balsa, vidrio espumado y tablero de corcho (masa comprimida de partículas de corcho horneadas).

### **Temperaturas moderadas [hasta 650°C (1200°F)]**

El uso mas generalizado de la gran variedad de aisladores es la gama de temperaturas existentes en las plantas generadoras y equipo industrial. Están disponibles aisladores orgánicos para esta gama de temperaturas y hay varios que pueden funcionar en gamas más amplias.

Los aisladores de relleno suelto incluyen sílice diatomácea ( esqueletos fosilizados de organismos microscópicos), perlita, vermiculita y fibras de vidrio, roca o escoria. Los aisladores de tablero y mantilla incluyen diversas formas de grado de flexibilidad y

densidad y se hacen con fibra de vidrio y minerales, papel de asbesto y cartón [ el asbesto es un mineral fibroso resistente al calor que se obtiene en yacimientos en Canadá (crisótilo) o en Sudáfrica (amosita)]; fibras de asbesto ligadas con silicato de calcio, carbonato de magnesio básico al 85%, perlita expandida aglutinada con silicato de calcio, silicato de calcio reforzado con fibra de asbesto, perlita expandida aglutinada con fibra de celulosa de asfalto, fibras minerales orgánicas aglutinadas y tableros de fibras de celulosa y asfalto, fibra mineral y orgánica aglutinadas y tablero de fibras de celulosa.

El aislador rociado (papel o fibras maceradas y adhesivo o espuma de plástico espumante), el concreto aislante (concreto u hormigón mezclado con perlita o vermiculita expandidas) y el aislador de plástico espumado en el sitio ( preparado al mezclar con componentes de poliuretano, vaciar la mezcla líquida en el espacio abierto y atenerse a la acción del gas generado o a la vaporización de un fluorocarbonato de bajo punto de ebullición para espumar el líquido y llenar el espacio que se va a aislar), son útiles en aplicaciones especiales.

Los aisladores reflejantes son espacios de aire limitados por superficies de alta reflexividad para reducir el paso de energía radiante. La superficie no necesita tener brillo de espejo para reflejar la radiación de onda larga emitida por objetos que están a menos de 500°F. Los materiales para los aisladores reflejantes incluyen hoja de aluminio adherida en uno o ambos lados de papel kraft y partículas de aluminio aplicadas al papel con adhesivo. Cuando se va a usar varias superficies reflejantes debe estar separadas durante la instalación para formar espacios de aire.

### **Altas temperaturas [mas de 800°C (1500°F)]**

Para las altas temperaturas en aplicaciones de hornos y procesos, se puede requerir la estabilidad física y química del aislador en una atmósfera oxidante, reductora, neutra o al vacío.

Los aisladores de relleno suelto incluyen fibras de vidrio con límite útil de temperatura de 538°C (1000°F), fibras de asbesto, 650°C (1200°F), titanato fibroso de potasio, 1040°C (1900°F); fibras de alumina-sílice, 1260°C (2300°F); Fibras microscópicas de cuarzo, 1370°C (2500°F); alumina coloidal o pacificada; 1310°C (2400°F en el vacío); fibra de zirconio, 1640°C (3000°F); burbujas de alumina, 1810°C (3300°F), burbuja de zirconio, 2360°C (4300°F); fibras de grafito y carbono, 2480°C (4500°F) en la atmósfera de vacío o inerte.

Los aisladores rígidos incluyen sílice coloidal reforzada y aglutinada para 1090°C (2000°F), ladrillos de tierra diatomácea aglutinada para 1370°C (2500°F), ladrillos refractarios y el grafito pirolítico, anisotrópico (relación de conductividad térmica de 100:1 paralela a la superficie y a través del espesor).

Los aisladores reflejantes que forman ya sea un espacio de aire o una cámara evacuada entre superficies espaciadas, incluyen láminas u hojas de acero inoxidable, molibdeno, tántalo o tungsteno.

Los cementos aislantes están basados en fibras de asbesto, minerales o refractarias aglutinadas con mezclas de yeso o arcilla o silicato de sodio. Los materiales aislantes, que se pueden colocar, ligeros de peso, consistentes en fibras minerales o materiales refractarios en un cemento de aluminato de calcio, son útiles hasta 2500°F.

Los aisladores para ablación son materiales compuestos capaces de soportar altas temperaturas y altas velocidades de gases durante periodos limitados con erosión mínima, debido a la sublimación y chamuscadura a un régimen controlado los materiales incluyen asbesto, carbono, grafito, sílice, fibra de nylon o vidrio en una matriz de resina para altas temperaturas (resina epoxi o fenólica) y composiciones de corcho.

## 1.2.2. REFRACTARIOS

### 1.2.2.1. TIPOS DE REFRACTARIOS

- Refractarios de arcilla.
- Refractarios de ladrillos de alto contenido de alumina.
- Refractarios de sílice.
- Refractarios de ladrillos de magnesita.
- Refractarios de ladrillos de cromo.
- Refractarios de ladrillos aislantes.

**Refractarios de arcilla.**- el ladrillo de arcilla refractaria se fabrica, como lo dice su nombre, de arcilla especial, que comprenden todas las arcillas necesarias que resisten el rojo blanco. Las arcillas refractarias pueden ser divididas en arcillas plásticas y arcillas de pedernal duro; también puede clasificarse con respecto a su contenido de alumina.

Los ladrillos refractarios se fabrican ordinariamente de una mezcla de las dos arcillas mencionadas, la cual es conformada, después de mezclada con agua, con la forma requerida. Se puede remplazar algo o toda la arcilla de pedernal por arcillas con alto grado de cocción; o calcinadas; llamadas Grog, procedentes de residuos y piezas rotas de la fabricación de productos refractarios, que se muelen. Una gran proporción de los ladrillos modernos se moldea por el proceso de prensado en seco o prensado potente; en el que la conformación se efectúa bajo presión elevada y un contenido bajo de agua. Aun se fabrican grandes cantidades de ladrillo por extrusión y moldeado a mano.

Los ladrillos secados son conocidos en hornos intermitentes o en hornos de túnel a temperaturas que varían entre 1200°C Y 1480°C (2200 a 2700°F). Los hornos de túnel dan producción continua y una temperatura uniforme de cocción.

Los de arcilla refractaria se usan en montaduras de caldera, hornos de cocción o fusión y para hierro maleable, incineradores y muchas porciones de hornos para aceros y metales no ferrosos. Son resistentes al agrietamiento por cambio de temperatura, se mantiene bien bajo muchas clases de escoria, pero no son, en general, para ser usadas en escorias de alto contenido de cal, escorias de cenizas fluidas de carbón o bajo condiciones severas de carga.

### **Refractarios de ladrillos de alto contenido de alumina**

Se fabrican de materias primas ricas en alumina; tales como la diáspora y la bauxita. Se clasifican en grupos 50, 60, 70, 80 y 90% de alumina. Cuando están bien cocidos, estos ladrillos contienen una cantidad mayor que la mullita, y menor de la fase vítrea, que la que este presente en los ladrillos refractarios. También hay corindón en muchos de los ladrillos. Los ladrillos de alto contenido de alumina se usan generalmente para condiciones severas poco comunes de temperatura o carga. Se emplean también mucho en hornos para cal y en hornos rotatorios para cemento en puertas y regeneradores de tanques para vidrio y para resistir las escorias de algunos hornos metalúrgicos; su precio es mas elevado que el ladrillo refractario común.

**Refractarios de sílice.-** se fabrican de roca Ganister triturada que contiene aproximadamente de 97 a 98% de sílice. Se emplea un aglutinante de 2% de cal; y los ladrillos son conocidos en hornos intermitentes a temperaturas entre 1480 y 1540°C ( 2700 a 2800°F), durante varios días, hasta obtener un volumen estable. Son especialmente valiosos donde se requiere una buena resistencia a temperaturas elevadas. En la industria

de acero ha encontrado recientemente algún uso el ladrillo de sílice superrefractario; tiene un menor contenido de alumina y a menudo menor porosidad.

Los ladrillos son muy usados en hornos de coque; en los techos y paredes de los hornos Martín-Siemens, en los techos y paredes laterales de tanques para vidrio y en revestimientos interiores de hornos de acero eléctricos ácidos. Aunque el ladrillo de sílice se agrieta fácilmente por un cambio de temperatura por debajo del rojo es muy estable si se mantiene la temperatura superior a este límite y, por esta razón, resiste bien en los hornos regenerativos. Cualquier estructura de ladrillo de sílice debe ser calentada lentamente hasta temperaturas de trabajo; una estructura grande requiere con frecuencia dos semanas o más para alcanzar dicha temperatura.

**Refractarios de ladrillos de magnesita.**- se fabrica de óxido de magnesia triturado, el cual se produce calcinando roca de magnesita natural a temperaturas elevadas. Es preferible una roca que contenga algún porcentaje de óxido de hierro, ya que esto permite que la roca sea cocida a una temperatura inferior a la que se necesitaría con materiales puros. Los ladrillos de magnesita son cocidos generalmente a una temperatura relativamente alta en hornos intermitentes o de túnel, aunque se está produciendo grandes tonelajes de ladrillos sin cocer. Estos últimos se fabrican con un tamaño especial de grano y con un aglutinante tal como un oxiclورو. Una gran proporción de ladrillo de magnesita se fabrica en Norteamérica empleando materias primas extraídas del agua del mar.

Los ladrillos de magnesita son básicos y se emplean siempre que sean necesarios resistir escorias de alto contenido de cal, como en el horno básico de Martín-Siemens. También encuentran aplicación en hornos para la industria del refinado del plomo y de cobre. Los ladrillos sin cocer, prensados hidráulicamente, encuentran gran aplicación en



revestimientos interiores de hornos de cemento. Los ladrillos de magnesita no son tan resistentes al agrietamiento por cambio de temperatura como los de arcilla refractaria.

**Dolomita** .- esta roca contiene una mezcla de  $Mg(OH)_2$  y  $Ca(OH)_2$ . Se calcina y se utiliza en forma granulada para fondos de horno.

**Refractarios de ladrillos de cromo.**- se fabrican casi de la misma manera que los de magnesita, pero con el mineral natural cromita. Los minerales comerciales contienen siempre magnesia y aluminio.

También se fabrican ladrillos de cromo sin cocer prensados hidráulicamente.

Los ladrillos de cromo son muy resistentes a todos los tipos de escoria. Se usan como separadores entre refractarios ácidos y básicos, también en pozos de recalentamiento y en pisos de hornos para forjado. El ladrillo sin cocer, prensado hidráulicamente, encuentra ahora extensa aplicación en las paredes de los hornos Martín-Siemens. Los ladrillos de cromo se emplean en hornos para la recuperación de sulfito y en cierto grado en el refinado de materiales no ferrosos. Se fabrican ahora en grandes cantidades ladrillos básicos que combinan varias propiedades de los de magnesita y cromita, y que solo tienen ventaja sobre uno u otro de estos para algunos fines.

**Refractarios de ladrillos aislantes.**- son de una clase que contienen arcilla refractaria o caolín altamente poroso. Son ligeros (aproximadamente pesan  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{6}$  del peso de los de arcilla refractaria), de baja conductividad térmica y no obstante, suficientemente resistente a la temperatura para ser usados con éxito sobre el lado caliente de la pared de un horno; permitiendo así muros delgados de baja conductividad térmica y bajo contenido de calor. El bajo contenido de calor es particularmente valioso para el ahorro de combustible y tiempo de elevar la temperatura del horno permite que se haga cambios rápidos de

temperatura y enfriamiento rápido. Estos ladrillos se fabrican de una gran variedad de maneras tales como mezclando el material orgánico con arcilla y quemándolo a continuación para formar poros; o bien se puede incorporar a la mezcla de arcilla y agua algún elemento estructural que produzca burbujas, el cual es luego retenido en el ladrillo cocido. Los ladrillos refractarios se clasifican en varios grupos aislantes, según el límite máximo de aplicación; los intervalos son hasta 870°, 1095°, 1260°, 1425° y por encima de 1540°C (1600, 2000, 2300, y sobre 2800°F).

Los refractarios aislantes se emplean principalmente en la industria de tratamientos térmicos para hornos del tipo intermitente; el bajo contenido de calor permite notable ahorro de combustible en comparación con el ladrillo refractario. Se usan mucho también hornos para alivio de esfuerzos o tensiones, hornos para procesos químicos, calentadores o serpentines de aceite y en cámaras de combustión de hornos domésticos de quemador de aceite. Ordinariamente tiene una vida igual a la del ladrillo pesado a la que reemplazan. Son particularmente adecuados para la construcción de hornos experimentales o de laboratorio porque pueden ser cortados o maquinados en cualquier forma. No son resistentes a la escoria fluida.

Hay un gran número de tipo de ladrillo especial, que se puede obtener de fabricantes particulares. Los refractarios de caolín de alto cocido son particularmente valiosos bajo condiciones severas de temperatura y fuertes cargas, o bajo condiciones severas de agrietamiento por cambio de temperatura, como en el caso de instalaciones de caldera de alta temperatura calentada por aceite, o de los pilares bajo los hornos de esmaltado. Otro ladrillo para los mismos usos es uno de alto cocido de arcilla aluminosa de Missouri.

Hay un gran número de ladrillos fabricados de materiales fundidos eléctricamente tales como mullita fundida, alumina fundida y magnesita fundida. Estos ladrillos, aunque de alto costo, son particularmente adecuados para condiciones severas.

### **1.2.3. PAREDES DE LOS HORNOS.**

La tendencia moderna en la construcción de hornos es hacer una pared relativamente delgada, anclada y soportada a intervalos frecuentes por piezas de fundición o de aleaciones resistentes al calor, las cuales, son sometidas por una armazón estructural de manera que el peso del refractario sea soportado por dicha armazón y no descansa sobre la base. La pared puede hacerse de refractarios fuertes respaldados con material aislante o de un refractario aislante. Muchos hornos modernos son construidos por paredes enfriados por aire, con bloques refractarios mantenidos en un solo lugar contra una envolvente por medio de piezas de sujeción de acero aleado o especial. También se emplea en secciones construidas por marcos de acero con refractarios aislantes ligeros adheridos a su superficie interna, y son especialmente valiosos para las partes superiores de los hogares de las calderas grandes, destiladores de petróleo y tipos de construcciones similares.

Las secciones pueden formarse en la fábrica y despacharse o expedirse en una pieza. Tiene la ventaja de ser de bajo costo a causa de la armazón ligera de hierro necesaria para soportarlas. En la construcción de hornos resultan muchas fallas por juntas de dilatación inapropiadas. Las juntas de expansión deben ser instaladas por lo general a lo menos cada diez pies, aunque en alguna estructura de baja temperatura la separación puede ser mayor. Para la construcción de alta temperatura, los márgenes que se deben dejar en juntas de dilatación, en pulgadas por pie deben ser los que siguen: arcilla refractaria, 1/16 a 1/32; ladrillo de alto contenido de alumina, 3/32 a 1/8; ladrillo de sílice, 1/8 a 3/16; de magnesita, 1/4; de cromo, 5/32; de forsterita, 1/4.

Con frecuencia se usa cartón corrugado en las juntas.

El techo del horno es ordinariamente un arco rebajado, o bien dintel o arco suspendido. Un arco rebajado se construye generalmente en la forma estándar empleando un radio interior igual a la luz total. En la mayoría de los casos, es necesario construir una cimbra sobre la cual se construya el arco.

En los casos de arcos de considerable flecha se ha encontrado que para la estabilidad es mejor una forma de catenaria invertida que una circular, y es posible bajar directamente las paredes laterales del horno en arco continuo hasta el piso, con una eliminación casi completa de los refuerzos de hierro. La catenaria puede ser descrita fácilmente colgando una cadena flexible de dos puntos situados sobre la pared vertical.

El dintel suspendido se emplea cuando se desea tener un techo plano (también se hacen arcos suspendidos); presenta ciertas ventajas en construcción y reparación, pero es más difícil de aislar que el arco rebajado. En el comercio se consiguen formas especiales para dintel o arco suspendido. El refractario aislante es adecuado para este tipo de construcción porque los soportes de acero son ligeros y la pérdida de calor es baja.

### **1.2.3.1. SELECCION DE REFRACTARIOS**

La selección del refractario más adecuado para un fin dado demanda experiencia en la construcción de hornos. Una calidad de ladrillo que cueste el doble que otra es preferible a ésta, si tiene duración doble, porque en el costo total hay que comprender los costos de las colocaciones. Además un ladrillo que dé un servicio más largo reduce el período de paro del funcionamiento del horno. En donde el efecto de la escoria o el de la abrasión son severos, es conveniente un ladrillo de estructura densa. Si las condiciones que producen agrietamientos por cambios de temperatura son importantes, es mejor un ladrillo de

estructura mas flexible, aunque hay casos que en la estructura muy densa da mejor resistencia a dicho agrietamiento que una mas ligera.

Para la escoria de alto contenido de cal hay que usar ladrillo de magnesita, de cromo o de alto contenido de alumina, pero si se tienen además fluctuaciones severas de la temperatura, ningún ladrillo tendrá larga duración. Para escoria de ceniza de ulla, los ladrillos densos de arcilla refractaria dan un servicio regularmente bueno si la temperatura no es elevada. A las temperaturas mas elevadas, con frecuencia se tiene éxito con un refractario plástico de cromo o uno de carburo de silicio.

Cuando las condiciones son extraordinariamente severas, se debe recurrir a paredes enfriadas por el aire o agua; la pared con tubos montantes enfriados por agua ha tenido mucho éxito en los hogares de caldera cuando no hay peligro por la acción de la escoria, con frecuencia es mas económico usar un refractario aislante. Aunque este ladrillo puede costar mas por unidad, permite paredes mas delgadas, de manera que el costo total de la construcción puede no ser mayor que el que se tendría con ladrillo ordinario. La sustitución de ladrillo pesado por refractario aislante en los hornos intermitentes ha reducido a veces a la mitad de consumo de combustible.

La estabilidad de una instalación refractaria depende en gran parte de la colocación de los ladrillos. El costo total de la colocación de los ladrillos varía, además del de estos, con el tipo de construcción, la localidad y el refractario.

Las fibras refractarias se han empezado a usar en una forma muy extensa. Las fibras de vidrio de sílice-alumina tiene un límite de aplicación de unos 1090°C (2000°F). Se utiliza en mantillas aislantes, juntas de expansión (dilatación y otros aislamientos para altas temperaturas. El perfeccionamiento de fibras para temperaturas mas altas se esta haciendo

en pequeña escala, a fin de usarlas como aislamientos para altas temperaturas o refuerzos mecánicos.

### 1.3. TIPOS DE HORNOS ELÉCTRICOS

#### Clasificación

Los hornos eléctricos se clasifican en:

- Horno de resistores.
- Calentadores de inducción.
- Hornos de inducción.
- Hornos de arco.
- Hornos de resistencia.

En los **hornos de resistores**, el calor es desarrollado por la circulación de la corriente a través de resistores distribuidos (unidades de calentamiento), montados con separación de la carga. Se emplea la corriente alterna de una frecuencia estándar. El servicio de estos hornos es para la aplicación de calor a cuerpos sólidos, y se emplea para el tratamiento térmico de los metales, para el recocido del vidrio y para la cocción del esmalte vítreo.

En los **calentadores de inducción**, el calor es desarrollado por corrientes inducidas en la carga. El servicio se limita a calentar metales a temperaturas inferiores a sus puntos de fusión.

En los **hornos de inducción**, el calor es desarrollado por corrientes inducidas en la carga. Su servicio consiste en fundir metales y aleaciones.

En los **hornos de arco**, el calor es desarrollado por un arco, o por arcos, que saltan a la carga o por encima de ella. Los hornos de **arco directo** son aquellos en que los arcos saltan a la propia carga. En los de **arco indirecto**, el arco se produce entre los electrodos y por encima de la carga. Se emplea una energía de frecuencia estándar en ambos casos. El servicio general consiste en fundir y refinar metales y aleaciones.

En los **hornos de resistencia** del tipo de **arco sumergido**, el calor es desarrollado por el paso de la corriente de electrodo a electrodo a través de la carga. La fabricación de productos básicos, tales como ferroaleaciones, grafito, carburo de calcio y carburo de silicio, es su servicio general. Se emplea la corriente alterna de frecuencia estándar. Una excepción la constituye el empleo de corriente continua cuando el producto es obtenido por acción electrolítica en un baño fundido, por ejemplo en la producción del aluminio.

Las características del calor producido por la electricidad son:

1. Precisión del control del desarrollo del calor y de su distribución.
2. El desarrollo de calor es independiente de la naturaleza de los gases que rodean a la carga. Esta atmósfera puede seleccionarse a voluntad con relación a la naturaleza de la carga y a las acciones químicas del proceso térmico. Esta libertad es con frecuencia una razón primaria para el empleo del calor producido por la electricidad.
3. La temperatura máxima solo es limitada por la naturaleza del material de la carga.

Las dos primeras características son la base del cálculo de todos los aparatos eléctricos de calentamiento. La tercera se utiliza en los procesos térmicos para la producción de ciertos materiales que no pueden obtenerse por ningún otro método.

### **Hornos de resistores.**

Los de resistores pueden ser de tipo intermitente o de tipo continuo. Los hornos intermitentes, o de hornadas comprenden los de caja, los de elevador, los hornos de base corrediza y los de campana. Los hornos continuos comprenden los hornos de transportador de banda, los de transportador de cadena, los de hogar rotatorio y los de hogar de rodillos.

Los hornos estándares de resistores están diseñados para trabajar a temperaturas comprendidas dentro del intervalo de 550° a 1200°C.

La cámara de calentamiento, de un horno estándar es un recinto cerrado con revestimiento interior refractario, una capa circundante de aislamiento térmico y un envolvente exterior

de plancha de acero o, para los hornos grandes una capa exterior de ladrillo o losa como esta indicado en las **Fig. 1.1** y **1.2**. El hogar de un horno intermitente se construye de una aleación resistente al calor y cortada en secciones, para evitar que se alabee. En algunos hornos continuos el transportador constituye el hogar en otros, se requiere un hogar separado.

Ordinariamente se emplea ladrillo refractario aislante, o un material semirefractario, para el revestimiento interior de la cámara de calentamiento. Este material tiene propiedades térmicas y físicas intermedias entre las de los ladrillos de arcilla refractaria y los materiales usados para aislamiento térmico. Un revestimiento de esta clase tiene menos capacidad para almacenar calor que uno de ladrillos de arcilla refractaria y su empleo hace disminuir de acuerdo con esto los períodos de calentamiento y de enfriamiento de la cámara y también la pérdida por calor almacenado por un ciclo dado de funcionamiento. Otras ventajas son su alto poder de aislamiento al calor y su ligereza.

Cámara de calentamiento con resistencias

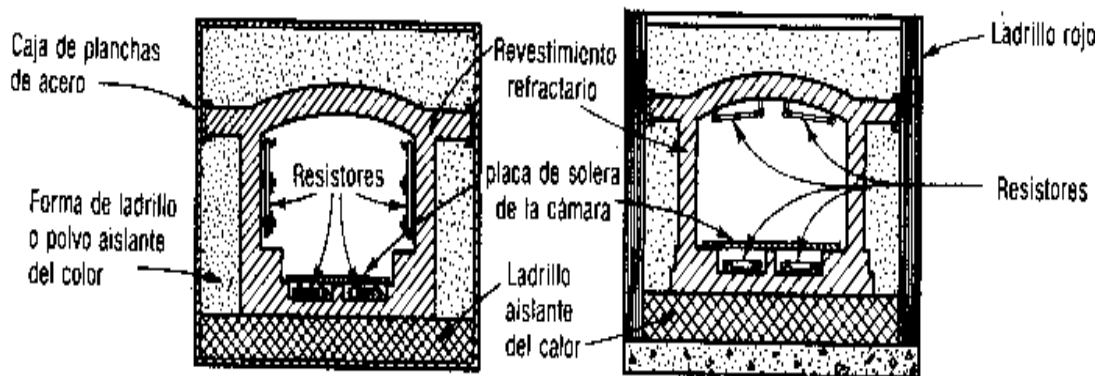


Fig. 1.1. En las paredes laterales y en el hogar Fig. 1.2. En el techo del hogar

La temperatura máxima de la cara interna de la capa de aislamiento térmico determina el carácter del material requerido para dicho aislamiento. Prácticamente, todos los hornos de resistores tienen su aislamiento de diatomita. Las estructuras de paredes compuestas con un revestimiento interno semirrefractario de 11.5 cm ( 4 ½ “) y una capa de aislamiento



térmico de 23 a 33 cm ( 9" a 13") representan la práctica general para los hornos estándares.

**Atmósferas.**- una mezcla de aire y los gases desprendidos de la carga constituyen una atmósfera natural en la cámara de un horno de resistores. La composición de tal atmósfera es variable durante un ciclo de calentamiento en un horno intermitente. Una atmósfera natural en la cámara de un horno continuo esta formada principalmente por aire. Las atmósferas naturales se emplean cuando no sea inconveniente la prolongada acción del oxígeno sobre la carga durante el ciclo de calentamiento y para los procesos en los que se desee dicha acción química.

La base de una atmósfera artificial es la eliminación del oxígeno (aire) de la cámara de calentamiento, sustituyéndolo por algún otro gas o mezcla de gases. Este gas o mezcla de gases se elige en relación con la actividad química de dicha atmósfera sobre la carga a la temperatura de la aplicación del calor. A veces puede desearse una acción química definida, por ejemplo la reducción de cualquier óxido metálico presente en la carga, o bien puede ser necesario que la atmósfera artificial sea químicamente inactiva. En consecuencia, las atmósferas artificiales se dividen en:

- 1)Atmósferas activas o de proceso, y
- 2)Atmósferas inactivas o protectoras.

El término atmósfera regulada se refiere generalmente a una atmósfera protectora, pero también comprende las atmósferas artificiales de cierto grado de actividad química. Un ejemplo de una atmósfera de proceso es el empleo de un gas hidrocarburo para carburar el acero.

Algunos ejemplos de atmósferas reguladas son: el recocido brillante de los metales, el impedimento de la descarburación del acero durante alguna aplicación del calor, el empleo de un gas reductor (hidróxido o monóxido de carbono) en un molde para soldar cobre con

latón, etc. En este último ejemplo, el gas reductor sirve para limpiar las caras que han de formar la junta (eliminando cualquier óxido presente) y para mantenerlas limpias durante la operación. Los gases primarios para atmósferas reguladas son el hidrógeno, el monóxido de carbono y el nitrógeno.

Las aplicaciones principales de las atmósferas reguladas son:

1. La protección contra la formación de óxidos sobre el material de la carga o inversamente, la reducción de algunos óxidos presentes.
2. El impedimento contra la variación de contenido de carbono de un acero que este sometido a tratamiento térmico.

Cada una de estas aplicaciones manifiesta un sistema químico en el cual las reacciones son reversibles.

Los sistemas químicos relativos de los óxidos metálicos son:

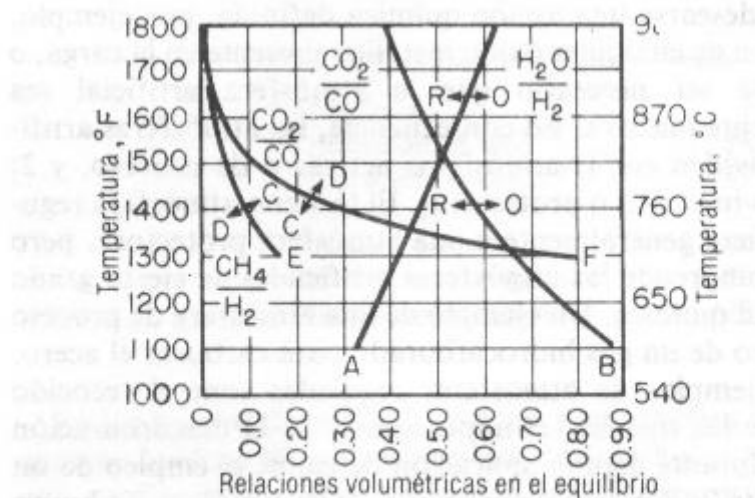
- A.  $\text{Oxido} + \text{hidrógeno} \leftrightarrow \text{metal} + \text{vapor de agua}$
- B.  $\text{Oxido} + \text{monóxido de carbono} \leftrightarrow \text{anhídrido carbónico} + \text{metal}$

Los sistemas químicos relativos al carbono en el acero son:

- E.  $\text{Metano} \leftrightarrow \text{hidrógeno} + \text{carbono}$ .
- F.  $\text{Monóxido de carbono} \leftrightarrow \text{anhídrido carbónico} + \text{carbono}$ .

En las atmósferas artificiales, la relación de volúmenes de los dos gases en la cámara de calentamiento debe mantenerse de modo que corresponda al sentido deseado de la actividad química del sistema, o bien, si no se desea ninguna acción química, deberá mantenerse dicha relación en su valor de equilibrio para la temperatura de aplicación del calor o cerca de él. Las relaciones de volúmenes de equilibrio para cada uno de los cuatro sistemas químicos, A, B, E, F, para el acero al carbono sobre el intervalo usual de temperatura de los procesos de tratamiento térmico y para la presión atmosférica están indicadas en las Figura 1.3. No hay sino una ligera tendencia hacia una variación del

contenido de carbono de un acero por debajo del intervalo crítico. La oxidación es activa desde la temperatura máxima hasta unos 650°C. Las curvas E y F de la figura 1.3 muestran las relaciones de volúmenes de los sistemas E y F para equilibrios con grafito. Las relaciones de volúmenes de equilibrio de estos dos sistemas químicos para el carbono en solución sólida de acero (austenita) dependen en cada caso del contenido de carbono de este.



**Fig.1.3.** Relaciones volumétricas en el equilibrio de los sistemas químicos A, B, E y F para el acero. C = estado carbonizante; O = oxidante; D = estado descarburizante; R = reductor.

## 1.4. TRATAMIENTOS TERMICOS

La ASTM, SAE y ASM han adoptado las definiciones de algunos términos relacionados con los tratamientos térmicos, en forma sustancialmente idénticas.

**1.4.1. Tratamiento térmico.-** una operación o combinación de operaciones, que comprende el calentamiento o enfriamiento de un metal o de una aleación en estado sólido, que se efectúa para obtener ciertas condiciones o propiedades convenientes.

**Enfriado brusco o por inmersión.**- proceso de enfriamiento rápido por sumergimiento en líquidos, gases o por contacto con un metal.

#### **1.4.2. TIPOS DE TRATAMIENTOS TERMICOS**

Los Tratamientos térmicos son los siguientes:

Temple.

Recocido .

Recocido completo o pleno.

Recocido de proceso o fabricación.

Normalizado.

Patentizado o recocido especial para estirado en frío.

Esferoidización.

Revenido.

**Temple.**- proceso de calentamiento y enfriamiento brusco de ciertas aleaciones a base de hierro desde una temperatura comprendida dentro del intervalo crítico o superior a el que se efectúa con el objeto de producir una dureza superior a la obtenida cuando la aleación no es enfriada bruscamente. Generalmente se restringe el término a la formación de martensita.

El método típico que se sigue para determinar la capacidad del acero para tomar el temple es el **ensayo de templabilidad de Jominy**. Este ensayo consiste en calentar una barra de acero de 75 mm (3") de longitud y 25mm (1") de diámetro a la temperatura deseada de austenización y en sumergir un extremo al agua, permitiendo al otro extremo que se enfríe al aire. Se obtiene así a lo largo de la barra un cambio continuo del régimen o velocidad de enfriamiento que varía de 333°C (600°F) por segundo a 1.6 mm (1/6") del extremo sumergido en agua hasta 2.2°C (4°F) por segundo en el otro. Se hacen luego mediciones de dureza a intervalos de 1.6 mm (1/16") determinando los números Rockwell C a lo largo de

toda la barra, y se traza una gráfica de la dureza en relación con la distancia a partir del extremo sumergido en agua. Como se conoce la velocidad de enfriamiento, para cualquier posición dada a lo largo de la barra de Jominy, se obtiene la relación entre la velocidad de enfriamiento y la dureza desarrollada en el acero. Además, se han determinado las velocidades de enfriamiento de muchas formas geométricas simples tales como varillas y placas sumergidas en diferentes medios de enfriamiento brusco, de manera que es posible predecir la dureza que se desarrollará en una pieza dada de acero si se conoce la curva de templabilidad de Jominy; o si se necesita obtener una dureza mínima en un artículo dado de acero, es posible especificar la templabilidad mínima necesaria de Jominy para desarrollar la dureza requerida en un medio dado de enfriamiento.

Los factores principales que afectan la templabilidad del acero son:

- La composición austenítica.
- El tamaño de los granos de austenita.
- La cantidad, naturaleza y distribución de partículas no disueltas o insolubles en la austenita.

**Recocido.**- es una operación de calentamiento y enfriamiento que implica generalmente un enfriamiento relativamente lento.

El objetivo de este tratamiento térmico puede ser para

- Desaparecer las tensiones o esfuerzos internos.
- Hacer mas blando el material.
- Modificar la ductibilidad, tenacidad, las propiedades eléctricas, magnéticas u otras propiedades físicas.
- Refinar la estructura cristalina.
- Eliminar gases, o
- Producir una microestructura definida.

La temperatura de la operación y el régimen de enfriamiento dependen de las características del material que va a sufrir el tratamiento térmico y del fin que se persigue con este.

**Recocido completo o pleno.**- calentamiento de aleaciones a base de hierro por encima del intervalo crítico de temperaturas durante un período adecuado de tiempo seguido de un enfriamiento lento hasta una temperatura inferior a dicho intervalo. La temperatura de recocido es generalmente 55°C por encima del límite superior del intervalo crítico de temperaturas, y el tiempo que se mantiene la temperatura prefijada no es, por lo general, menor de 24 minutos por cada centímetro de espesor de la sección de los objetos más pesados que se traten.

A los objetos que se les aplica este tratamiento se les deja ordinariamente enfriarse lentamente en el horno. Pueden, sin embargo, ser sacados de éste y enfriados en algún medio que prolongue el tiempo de enfriamiento en relación con el enfriamiento no restringido que se efectúa al aire.

**Recocido de proceso o fabricación.**- calentamiento de aleaciones a base de hierro de una temperatura inferior o cercana al límite inferior del intervalo crítico de temperaturas seguido por un proceso de enfriamiento del régimen que se desee. Este tratamiento térmico se aplica comúnmente en las industrias de lámina y alambre, y las temperaturas generalmente empleadas varían de 540 a 705°C (de 1000 a 1300°F).

**Normalizado.**- calentamiento de aleaciones a base de hierro a aproximadamente 40°C (100°F) por encima del intervalo crítico de temperaturas seguido de un enfriamiento a una temperatura inferior a dicho intervalo en aire tranquilo a la temperatura ordinaria.

**Patentizado o recocido especial para estirado en frío.**- calentamiento de aleaciones a base de hierro por encima del intervalo crítico de temperatura seguido de un enfriamiento, hasta una temperatura por debajo de dicho intervalo, en el aire, en plomo fundido o en una

mezcla fundida de nitratos o nitritos mantenidos a una temperatura que varía generalmente entre 425 a 565°C, dependiendo del contenido de carbono del acero y de las propiedades esperadas en el producto terminado.

Este tratamiento se aplica, en la industria del alambre, a aceros de contenido medio o alto carbono como un tratamiento previo al estirado o trefilado del alambre.

**Esferoidización.**- es cualquier proceso de calentamiento y enfriamiento del acero que produzca una forma redondeada o globular del carburo. Existen los siguientes métodos de esferoidización:

- Calentamiento prolongado a una temperatura justamente por debajo de la temperatura crítica inferior, seguido por lo general de un enfriamiento relativamente lento.
- En el caso de los objetos pequeños de acero de alto contenido de carbono, se alcanza mas rápidamente el resultado del esferoidizado por calentamiento prolongado a temperaturas alternativamente comprendidas dentro y ligeramente por debajo del intervalo crítico de temperaturas.
- El acero para herramientas se esferoidiza generalmente calentándolo a una temperatura de 750 a 800°C para aceros al carbono y mas altas para muchos aceros especiales o aleados para herramientas, manteniéndolo al calor durante 1 a 4 horas y enfriándolo lentamente en el horno.

**Revenido.**- recalentado del acero templado a cierta temperatura por debajo de la temperatura crítica inferior, seguido de cualquier régimen deseado de enfriamiento.

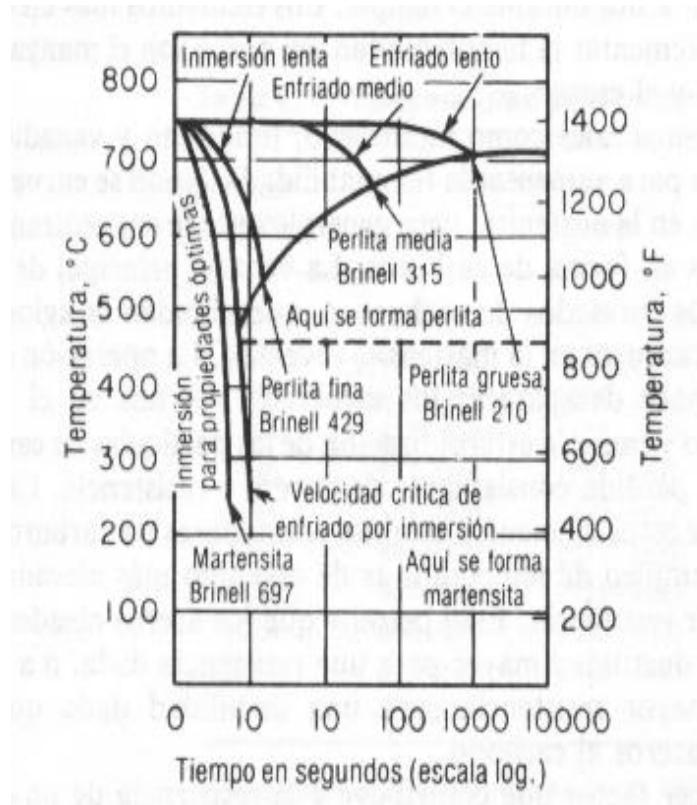


Fig. 1.4. Influencia de la velocidad de enfriamiento sobre el producto de transformación en un acero al carbono eutéctico

En la figura 1.4 se hace un resumen de los regímenes o velocidades de descomposición de un acero al carbono eutéctico en cierto intervalo de temperaturas. Están representados diagramáticamente varios regímenes de enfriamiento, y se va a observar que mientras más rápido sea el régimen de enfriamiento, más bajo será la temperatura de transformación y más duro el producto formado. A unos 540°C (1000°F), la austenita se transforma rápidamente en perlita fina; para formar la martensita hay que enfriar muy rápidamente a través de esta zona de temperatura para evitar la formación de perlita antes de que la pieza alcance la temperatura de formación de martensita. A la velocidad mínima a la que se forma una estructura totalmente martensítica se la llama velocidad crítica de enfriamiento. Cualquiera que sea la rapidez con la que se enfríe el acero los únicos productos de su transformación serán perlita o martensita. Sin embargo, si se somete el acero a un



enfriamiento brusco interrumpido sumergiéndolo en un baño fundido a una temperatura comprendida entre 205 y 540°C (alrededor de 400 y 1000°F), se obtiene una estructura acicular que se llama **bainita** y a este tratamiento térmico se le llama autorrevenido. La bainita tiene tenacidad considerable combinada con resistencia y ductilidad altas, y aunque este tratamiento no se emplea en gran escala en estos días, aparece como un método muy prometedor para el tratamiento térmico de los aceros. Su limitación consiste en que solo puede aplicarse a artículos de sección transversal pequeña, porque los baños fundidos no enfrían los aceros al carbono aun régimen suficientemente rápido para impedir la formación de la perlita en piezas de mas de 1.25 cm de diámetro aproximadamente.

La dureza máxima que se puede obtener en un acero de alto contenido de carbono con una estructura perlítica fina es aproximadamente de 400 Britnell, mientras que una estructura martensítica tendría una dureza de 700 Britnell. Además de poderse obtener estructuras de mayor dureza por formación de martensita, una estructura esferoidal tendrá un esfuerzo de prueba o ensayo considerablemente mayor (por ejemplo, el esfuerzo necesario para producir una deformación permanente de 0.01%) y también una ductilidad mucho mayor que los de una estructura laminar de la misma resistencia a tracción y dureza.

Es esencial, por lo tanto, formar martensita cuando se deseen propiedades optimas en el acero. Estos pueden conseguirse con una pieza que tenga sección transversal pequeña calentándola por encima de la temperatura crítica y sumergiéndola en agua; pero cuando la sección transversal es grande, la velocidad de enfriamiento en el centro de la sección no será lo suficiente rápida para impedir la formación de perlita. La característica del acero que determina su capacidad para templarse igualmente en toda su sección , al ser enfriado bruscamente se le llama **templabilidad**. Este término no debe confundirse con la disposición del acero para alcanzar una cierta dureza. La intensidad del temple, es decir, la

dureza máxima de la martensita formada depende en la gran parte del contenido de carbono del acero.

## **1.5. CARACTERISTICAS DEL LABORATORIO Y SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO.**

### **1.5.1. CARACTERISTICAS DEL LABORATORIO DE MECANICA BÁSICA DEL ITSA.**

De acuerdo al diagrama de caracterización de los laboratorios de la EMAI cabe señalar la importancia de los aspectos que se detallan en la figura 1.5.

#### **GENERALIDADES**

El Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA tiene por misión brindar su soporte práctico para la información de los estudiantes y ejecutar procedimientos de información aplicada y prestación de servicios en el campo de comportamiento mecánico, como se aprecia en la figura 1.5.



Fig. 1.5. Diagrama de áreas de trabajo

## **1.5.2. SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO**

### **ANTECEDENTES**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) fue creado el 08 de Noviembre de 1999 por orden del Ministerio de Educación, según acuerdo ministerial # 3237, con el propósito del desarrollo de las Fuerzas Armadas y del país en el ámbito tecnológico dentro del campo de la Aviación,

Los sistemas del laboratorio del ITSA son:

- Sistema académico
- Sistema de investigación aplicada
- Sistema de servicios externos.

#### **1.5.2.1. SISTEMA ACADEMICO**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es una entidad concebida como un sistema abierto que se integra por cuatro sistemas académicos a través del cual se prepara a los futuros tecnólogos del ITSA en sus cuatro carreras tecnológicas: Mecánica Aeronáutica, Aviónica, Telemática y Logística, aportando a las necesidades de la Fuerza Aérea y de la comunidad.

**CLIENTES.-** Alumnos del ITSA, son todos aquellos que pertenecen a la EMAI.

**SALIDAS.-** Prácticas, como por ejemplo: tratamientos térmicos y operación de un horno eléctrico de resistencias.

En la siguiente lista se hace una descripción de prácticas que se realizan en el LMB.

El LMB debe cumplir con requisitos de disponibilidad del laboratorio, confiabilidad de resultados, tiempo de entrega, una buena presentación de informe técnico.

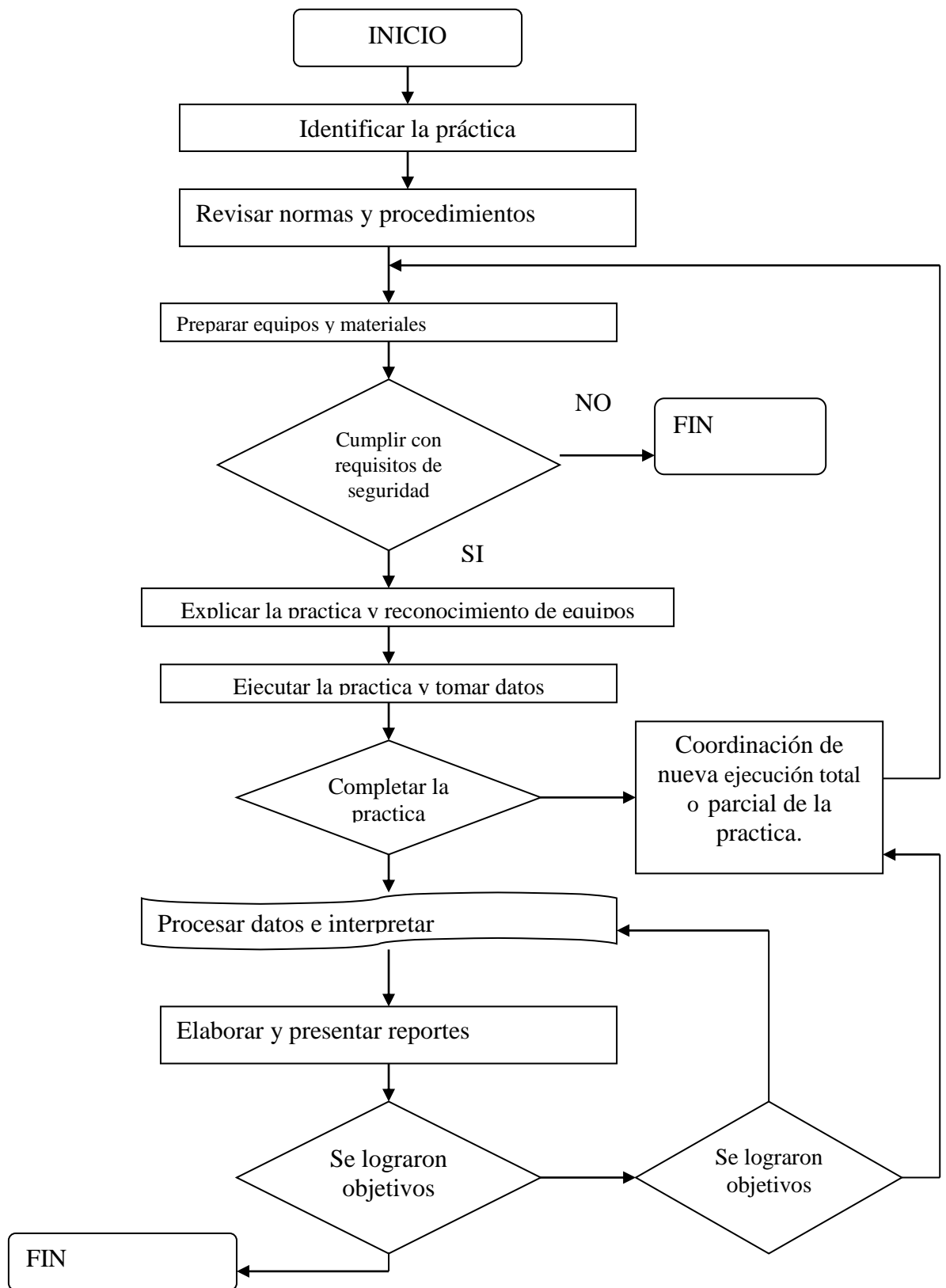


Fig. 1.6. Flujograma de realización de prácticas – proceso académico

Tabla 1.1. Matriz operativa del proceso de realización de prácticas de proceso académico.

| N° | Actividad  | Resp.     | Requerimiento/Recurso                                   | Tiempo    |
|----|--|-----------|---|-----------|
| 1  | Identificación de práctica                                     | JT/T<br>L | Conocimiento de programa académico                      | 1-5 min.  |
| 2  | Revisión de normas de procedimiento.                           | JT/T<br>L | Normas existentes en el laboratorio / guías de practica | 10 min.   |
| 3  | Preparación de equipo y materiales                             | TL        | Conocimiento equipamiento de laboratorio                | Variable  |
| 4  | Recepción de alumnos   | JL        |   | 3-5 min.  |
| 5  | Cumplimiento con requerimientos de seguridad?                  | JL        | Requerimiento de seguridad                              |           |
| 6  | No se cumple con requerimiento de seguridad (actividad 23)     | JL        | Requerimiento de seguridad                              |           |
| 7  | Si se cumple con los requerimientos de seguridad               | JL        | Requerimiento de seguridad                              |           |
| 8  | Explicación de la práctica y reconocimiento de equipos         | JL        | Conocimiento de equipo / guía de practica               | Variable  |
| 9  | Realización de práctica y toma de datos                        | JL        | Guía práctica   | Variable  |
| 10 | Completación de la práctica                                    |           |   |           |
| 11 | No se ha completado la práctica                                |           |   |           |
| 12 | Coordinar ejecución parcial/total (actividad 9)                | A/JL      |   | 1-5 min.  |
| 13 | Si se ha ejecutado la práctica satisfactoriamente              |           |   |           |
| 14 | Procesamiento / Interpretación de datos                        | A         | Tabla de datos / conocimiento teórico                   | Variable  |
| 15 | Elaboración de reporte de prácticas                            | A         |   | 8-15 días |
| 16 | Evaluación de reporte de prácticas                             | JL        | Reporte técnico   | Variable  |
| 17 | Objetivos logrados?  | JL        | Evaluación de reporte técnico                           | Variable  |
| 18 | No se lograron objetivos                                       |           |   |           |
| 19 | Se requiere realizar nuevamente la práctica?                   |           | Evaluación de reporte técnico.                          |           |
| 20 | No se requiere realizar nuevamente la práctica (actividad 14)  |           |   |           |
| 21 | Si se requiere realizar la práctica nuevamente ( actividad 21) |           |   |           |
| 22 | Si se lograron objetivos                                       | JL        | Evaluación de reporte técnico                           |           |
| 23 | FIN  |           |   |           |

JL: Jefe de laboratorio; TL: Técnico laboratorista; A: Alumno.

## **DESCRIPCION DEL PROCESO**

El proceso de entrenamiento académico se encuentra como diagrama de flujo como se indica en la figura anterior

## **PROVEEDORES**

- Empresas que fabrican o distribuyen materiales aplicables al área de tratamientos térmicos.
- Instituciones que proporcionan normas, información, relacionadas con el área de tratamientos térmicos.
- Instituciones dentro del campo aeronáutico ( Dirección de aviación civil y la Fuerza Aérea Ecuatoriana).
- En caso que sea necesario los clientes ( Alumnos ) son proveedores del material necesario para las diferentes prácticas.

## **ENTRADAS**

Los proveedores del LMB entrega principalmente:

- Equipos e instrumentos.
- Repuestos y accesorios de los equipos.
- Normas e información proporcionadas por instituciones.
- Materiales utilizados en los ensayos.

### **1.5.2.2. SISTEMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA**

**Clientes.-** Todos aquellos interesados en hacer proyectos de investigación como:

Investigadores, docentes, alumnos (externos o internos al ITSA).

**Salidas.-** Proyectos o trabajos en los cuales, se determinan el comportamientos de las propiedades de los metales cuando se aplican tratamientos térmicos.

#### **Descripción del proceso**

A continuación se detalla el proceso:

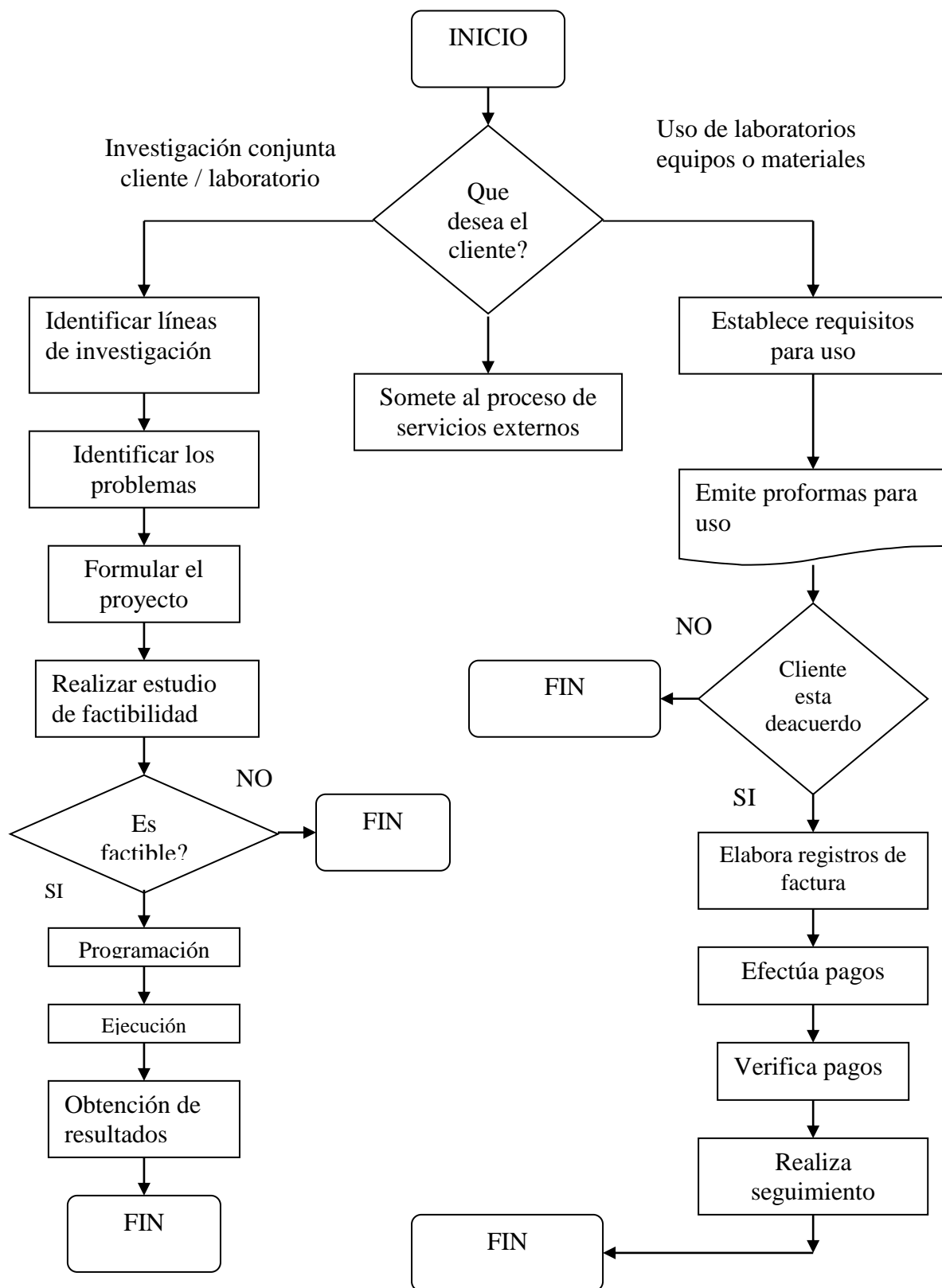


Fig. 1.7. Flujograma de procesos de investigación aplicada



Tabla 1.2. Matriz operativa del Proceso de Investigación Aplicada

| N° | Actividad  | Resp.      | Requerimiento/Recurso  | Tiempo     |
|----|--|------------|--|------------|
| 1  | Identificar el deseo del cliente   | EMAI       | Políticas y líneas de investigación.                           | Variable.  |
| 2  | Si el cliente solamente necesita que se le proporcione ensayos, se somete al proceso de extensión            | EMAI       | Desarrollo del proceso de extensión.                           | Variable.  |
| 3  | Si el cliente requiere un trabajo conjuntamente con el laboratorio, se identifica la línea de Investigación. | EMAI/JT/TL | Capacidad de identificación de áreas de investigación aplicada | 30min.     |
| 4  | Identificación del problema.   | EMAI/JT/TL | Capacidad de identificación por medio de análisis necesarios.  | Variable.  |
| 5  | Formulación del proyecto.  | EMAI/JT/TL | Establecer requisitos y alcance del proceso.                   | 60 min.    |
| 6  | Estudio de factibilidad de desarrollar el proyecto   | EMAI/JT/TL | Capacidad de realizar estudios de factibilidad.                | Variable.  |
| 7  | Si no es factible finaliza el proceso.   | EMAI/JT/TL |  | 10 min.    |
| 8  | Si es factible, desarrollar el proyecto, programar su desarrollo   | EMAI/JT/TL | Capacidad de coordinación                                      | Variable.  |
| 9  | Ejecutar la experimentación.   | EMAI/JT/TL | Infraestructura, equipos, materiales, métodos.                 | Variable.  |
| 10 | Obtención de resultados  | EMAI/JT/TL | Capacidad de análisis de datos                                 | Variable.  |
| 11 | Fin del proceso  | EMAI/JT/TL |  | 10 min.    |
| 12 | Si el cliente desea utilizar las instalaciones solamente, establecer requisitos para su uso.                 |            | Laboratorio disponible y normas para uso.                      | 15-60 min. |
| 13 | Emisión de una proforma para que la revise el cliente.   |            | Proforma   | Variable.  |
| 14 | Si el cliente no está de acuerdo, finaliza el proceso.   |            |  |            |
| 15 | Si el cliente está de acuerdo, emisión de la factura de pago y su registro.                                  |            | Registro del cliente y equipos. Factura.                       | 1-10 min.  |
| 16 | Realización del pago   |            | Factura.   | 30-60 min. |
| 17 | Verificación del pago  |            | Copia de la factura.   | Variable.  |
| 18 | Efectuar un seguimiento  |            | Procedimientos complementarios.                                | Variable.  |
| 19 | Finalizado el contrato finaliza el proceso   |            |  | Variable.  |

### **Entradas**

Necesidades de investigación, disponibilidad de recursos por parte del LMB.

### **Proveedores**

Los mismos especificados en el proceso académico, cuando lo dispongan los interesados.

## **1.5.2.3. SISTEMAS DE SERVICIOS EXTERNOS.**

### **CLIENTES**

Los clientes son personas naturales, jurídicas (profesionales u otros), externos al ITSA u entidades internas como es el personal docente, otras facultades, talleres en fin todos aquellos que deseen probar la calidad de los equipos que poseen.

### **SALIDAS.**

- Como salidas se entregan, practicas en tratamientos térmicos así como:
- Recocido de remaches para aviación.
- Recocido de piezas en acero.
- Ensayos de tratamientos térmicos para determinar dureza del material.
- La prestación de servicios, que se la expresa como un informe, en el cual va detallado la información necesaria sobre un ensayo o calibraciones una pieza o componente específico.

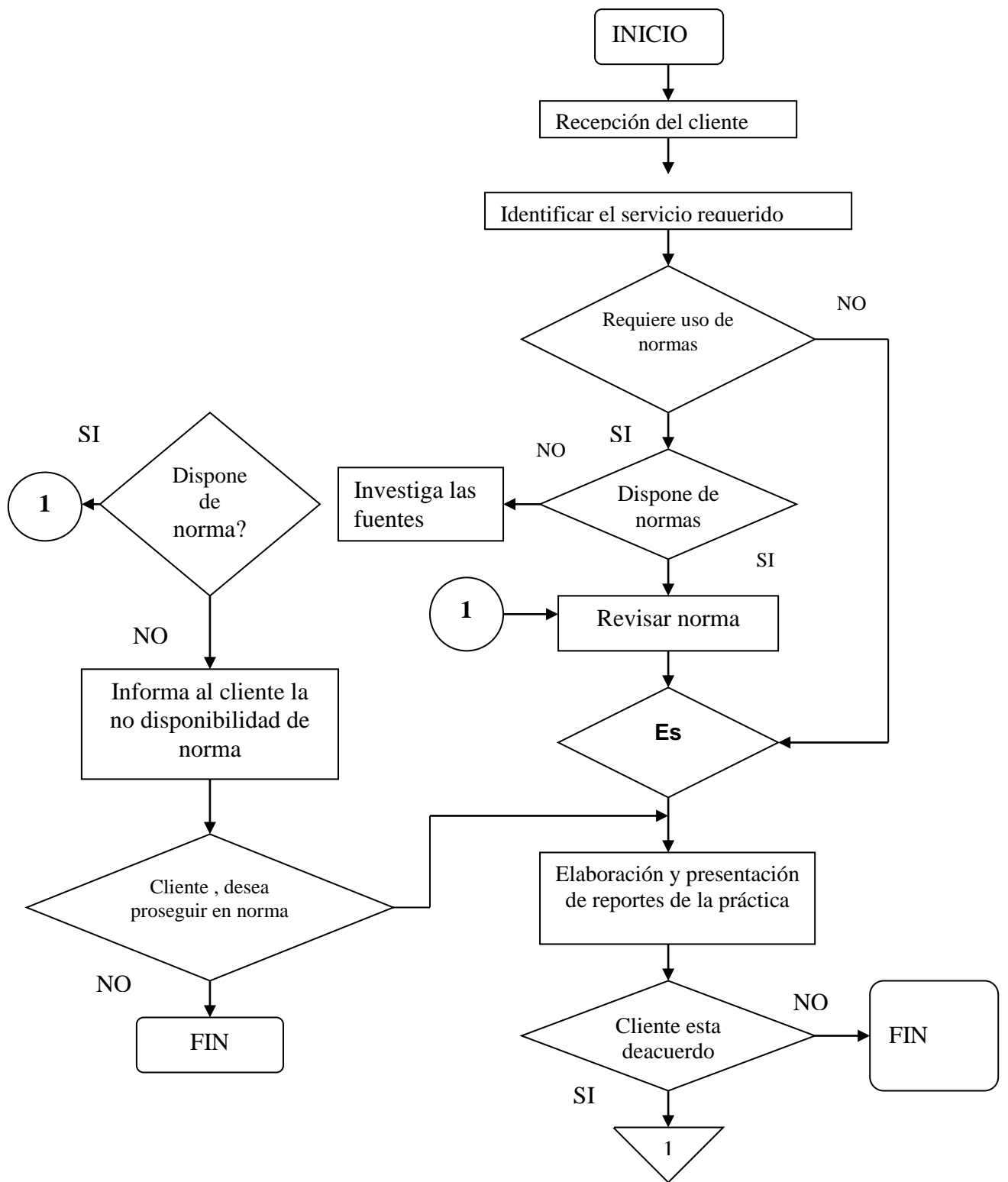


Fig. 1.8. Flujograma de prestación de servicios

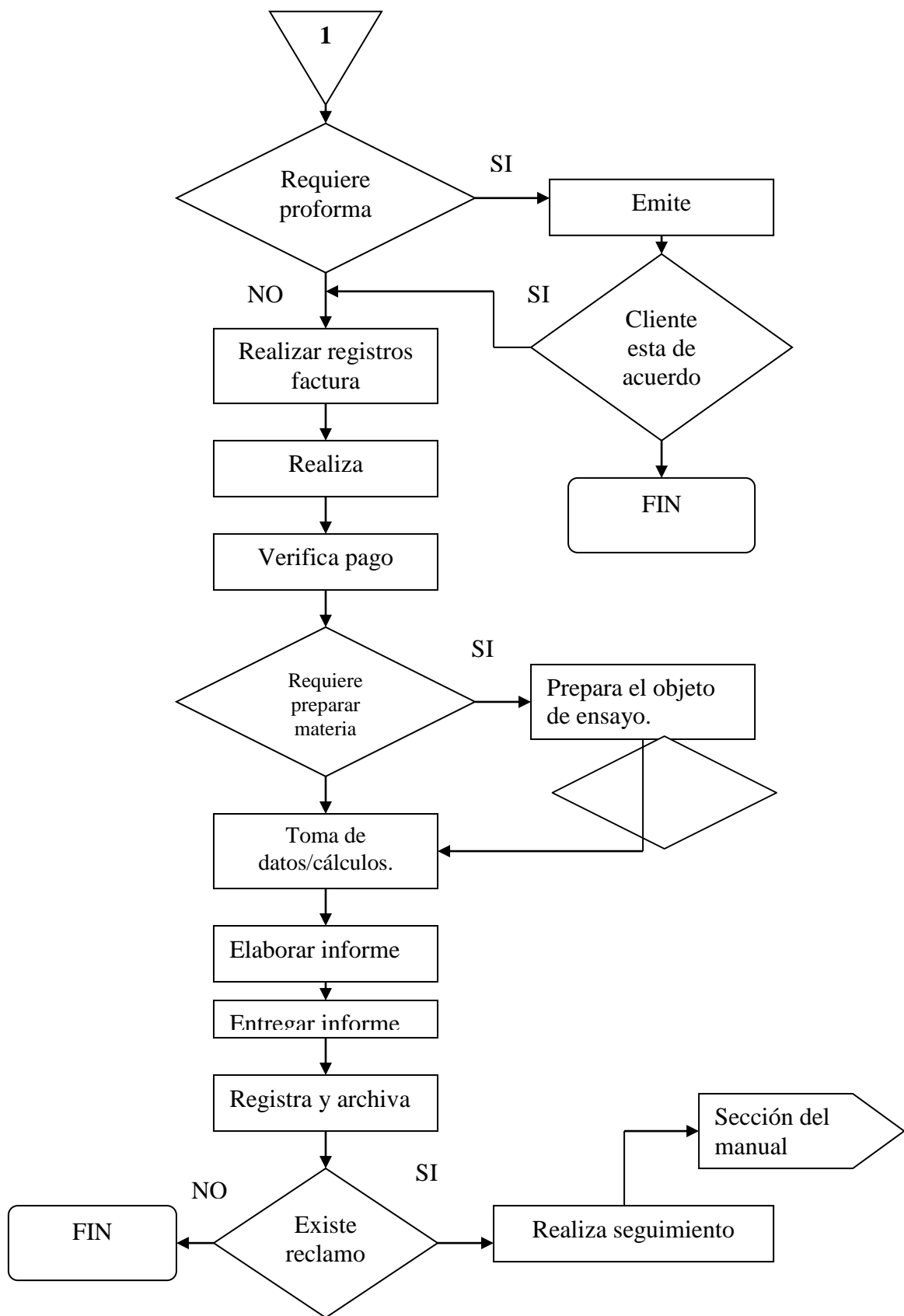


Fig. 1.9. Flujograma de proceso de prestación de servicios.(continuación)

Tabla 1.3. Matriz operativa del proceso de ensayo/calibración sistema de prestación de servicios

| Nº | Actividad  | Resp.            | Requerimiento/Recurso                                | Tiempo     |
|----|--|------------------|--|------------|
| 1  | Recibir cliente  | JL/TL            |  | 1-10 min   |
| 2  | Identificar el servicio  | JL/TL            |  | Variable   |
| 3  | Si no se quiere uso de normas, se verifica factibilidad E/C (actividad 10)           | JL/TL            | Conocimiento sobre maquinaria E/C                    | 1-10 min.  |
| 4  | Si se requiere el uso de normas, se verifica su disponibilidad en el LFH             | JL/TL            | Normas   | 1-10 min   |
| 5  | Si no se dispone de la norma se investiga las fuentes (actividad 7)                  | TL               | Visitar fuentes INEN                                 | Variable   |
| 6  | Si se dispone de norma revisarla (actividad 10)                                      | JL/TL            | Normas a utilizar                                    | Variable   |
| 7  | Si aun no se dispone de norma, informar al cliente esta situación (actividad10)      | JL/TL            | Conocimiento sobre maquinaria E/C                    | Variable   |
| 8  | Si el cliente desea proseguir sin la norma (actividad10)                             | Cliente          |  | Variable   |
| 9  | Si ya se dispone la norma, se la revisa  | JL/TL            | Norma a utilizar E/C                                 | Variable   |
| 10 | Si no es posible realizar E/C, se finaliza el proceso                                | JL/TL            |  |            |
| 11 | Si es posible realizar E/C , se establece requisitos de la prestación                | JL/TL<br>Cliente |  | Variable   |
| 12 | Si el cliente no esta deacuerdo, se finaliza el proceso                              | Cliente          |  |            |
| 13 | Si el cliente concuerda con los requisitos, verificar necesidad de realizar proforma | Cliente          |  | 1-5 min.   |
| 14 | Si es necesaria la proforma se la emite y la revisa el cliente (actividad 16)        | JL/TL<br>Cliente | Proforma   | Variable   |
| 15 | Si no es necesaria proforma, realizar registro y factura (actividad 18)              | JT/TL            | Registro del cliente E/C factura                     | 1-10 min.  |
| 16 | Si el cliente no esta deacuerdo con la proforma realizar registro y factura          | Cliente          |  |            |
| 17 | Si el cliente esta deacuerdo con lka proforma realizar registro y factura            | JL               | Registro del cliente y ensayo factura                | 1-10min.   |
| 18 | Se realiza el pago   | Cliente          | Factura  | 30-60 min. |
| 19 | Se verifica el pago  | JL               | Copia de factura                                     | Variable   |
| 20 | Se verifica si se requiere reparar el material                                       | JT/TL            |  | Variable   |
| 21 | Si es necesario, se prepara el objeto de ensayo (actividad 23)                       | Cliente<br>TL    | Procedimiento de ensayo norma<br>Maquinaria/Equipo   | Variable   |
| 22 | Si no es necesario preparar objeto de ensayo se realiza E/C                          | TL               | Procedimiento del ensayo norma<br>maquinaria/ equipo | Variable   |
| 23 | Se elabora informe técnico   | TL               | Datos y resultados                                   | Variable   |
| 24 | Se entrega el informe técnico  | JL/TL            | Informe técnico                                      | Variable   |
| 25 | Se registra y archiva la copia del JT  | TL               | Copia del informe técnico                            | 1-5 min.   |
| 26 | Si existe algun reclamo se realiza seguimiento                                       | Cliente          | Informe técnico, procedimiento complementario        | 2 días mas |
| 27 | Si no existe reclamo se finaliza el proceso.   | JL/TL            |  |            |

# CAPITULO II

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1. UBICACIÓN DEL HORNO.

El Horno para Tratamientos Térmicos marca Despatch se encuentra ubicado en el bloque 42 del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, en el Laboratorio de Mecánica Básica.

La ubicación del horno se especifica de mejor manera en el plano del Anexo A

A continuación se presenta las siguientes ilustraciones acerca de la ubicación del horno en el laboratorio.



Fig. 2.1. Ubicación del Horno en el LMB.

## 2.2. ESTRUCTURA

Las características de la estructura son las siguientes:

MARCA DEL HORNO: DESPATCH INDUSTRIES INC.

MODELO: PTF2 13G

PESO: 1500 lb.

La estructura física del horno antes de la habilitación se muestra en las siguientes ilustraciones:



Fig. 2.2. Situación Actual de la estructura del horno

Existe corrosión por todas las uniones de la estructura, la cual se va a eliminar.



Fig. 2.3. Corrosiones

### 2.3. SISTEMA TERMICO

En el análisis del Sistema Térmico se determinó que este se constituía por:

Tabla 2.1. Componentes del Sistema Térmico

| Nº | DENOMINACION                           | CARACTERISTICA   | CAN T. | ESTADO      |
|----|--|--|--------|-------------|
| 01 | Calentadores –tipo resistencia         | Generan el calor en la cámara de calentamiento del horno | 12     | Funcionando |
| 02 | Termocuplas<br>Sensores de Temperatura | Termocupla Sensor: TIPO “J”, “K”.                        | 2      | Funcionando |

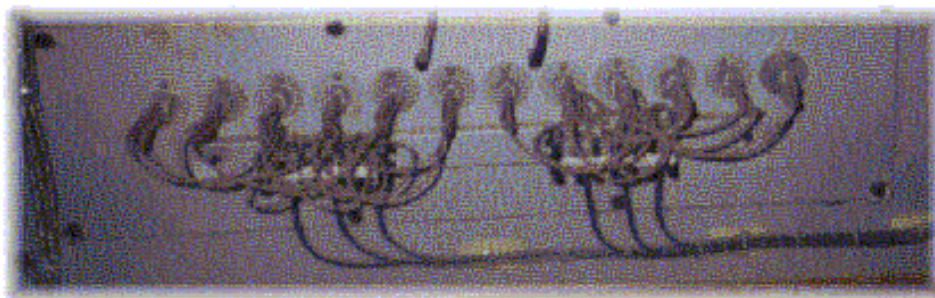


Fig. 2.4. Entrada de tensión hacia las resistencias para el calentamiento del horno.

Según las descripción el horno puede alcanzar una temperatura máxima de 538°C (1000°F).





Fig. 2.5. Calentadores Térmicos tipo Resistencia (12)

#### 2.4. SISTEMA ELECTRICO.

En este sistema se describe todos los componentes que funcionan con altas corrientes.

Esta constituido por los siguientes componentes indicados en al siguiente tabla:

Tabla 2.2. Componentes del Sistema Eléctrico.

| Nº | DENOMINACION                    | CARACTERISTICA   | VOLTAJE/<br>AMPERAJE        | ESTADO      |
|----|---------------------------------|--|-----------------------------|-------------|
| 01 | Seccionador Principal           | Interruptor de cuchillas trifásico   | 100 Amperios<br>250 Voltios | Funcionando |
| 02 | Switch de Desconexión principal | Con manija instalada en la puerta Tiene 3 posiciones:<br>Open .- apertura de puerta<br>On.- encendido<br>Off.- apagado |                             | Funcionando |
| 03 | Fusibles                        | Para las tres líneas de alimentación a las resistencias  | 60 Amperios<br>200 Voltios  | Funcionando |
| 04 | Contactador Trifásico           | Para cada línea de alimentación  | 60Amperios                  | Funcionando |
| 05 | Contactores de Mercurio         | Tres contactores (trifásico)   |                             | Funcionando |
| 06 | Cable Principal                 | 250 voltios  |                             |             |

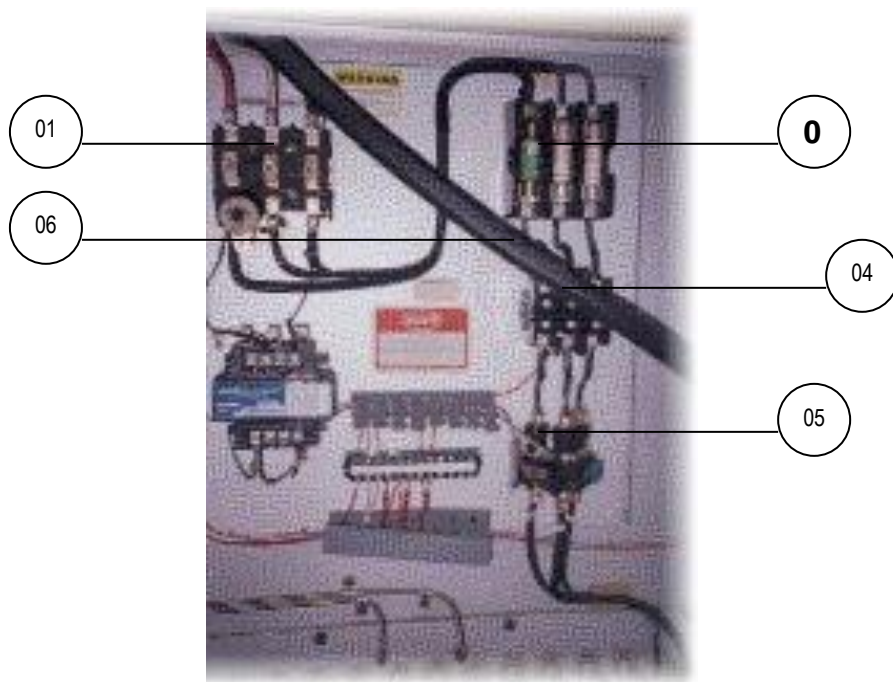


Fig. 2.6. Sistema Eléctrico

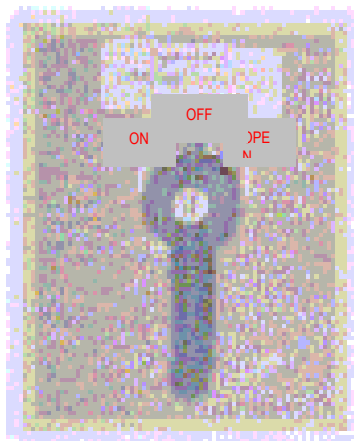


Fig. 2.7. Seleccionador de Desconexión Principal

## 2.5. SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control es aquel que controla la tensión que se va a enviar hacia las resistencias para el calentamiento del horno:

El sistema de control de este horno esta constituido por los siguientes elementos:

Tabla 2.3. Componentes del Sistema de Control.

| N° | DENOMINACION                                 | MARCA     | VOLTAJE/<br>AMPERAJE | CARACTERISTICAS   | ESTADO      |
|----|--|-----------|----------------------|---|-------------|
| 01 | Transformador                                |           | 220 a<br>110/120V    | Alimenta a la etapa de Control                              | Funcionando |
| 02 | Control digital de temperatura               | Despatch  | 110V                 | Serie 804-digital, marca los rangos de temperatura          | Funcionando |
| 03 | Controlador limite alto                      | Honeywell | 110V                 | Controlador típico dialapak con punto fijo analógico        | Mal estado  |
| 04 | Luz indicadora de calentamiento en encendido | S/M       | 110V                 | Indica cuando la tensión esta aplicada a las resistencias   | Funcionando |
| 05 | Selector de encendido - apagado              | S/M       | 110V                 | Se aplica para el encendido y apagado del horno             | Mal estado  |
| 06 | Interruptor de posición de cubierta          |           | 110V                 | Indica cuando la cubierta esta abierta                      | Funcionando |
| 07 | Ventilador                                   | S/M       | 110V                 | Enfría el tablero de la sección de los elementos de control | Funcionando |



Fig. 2.8. Dispositivos de control de calentamiento.

# **CAPITULO III**

## **HABILITACION Y AUTOMATIZACIÓN DEL HORNO.**

### **3.1. ESTRUCTURA.**

Se realizó un chequeo en la Estructura del Horno en la cual se determinó realizar las siguientes actividades:

1. Realizar tres perforaciones para la colocación de los nuevos dispositivos de control.

Para la instalación de los nuevos dispositivos de control del horno, se necesitaba realizar perforaciones en la parte frontal del horno de modo que estas sirvan de alojamiento a los dispositivos.

2. Remoción de la corrosión existente en el horno.

En la estructura del horno se encontró corrosión atmosférica la cual se eliminó mediante la utilización de lijas y lana de acero.

3. Pintado de la estructura del horno.

Luego de la remoción de la corrosión, aplicamos removedor para eliminar la pintura existente, para luego aplicar pintura anticorrosiva a la estructura del horno para brindar protección contra posibles corrosiones en el futuro.

4. Construcción de platinas sujetadoras.

Para la sujeción del horno al suelo se elaboró cuatro platinas con pernos, ubicadas en cada vértice de la base del horno.

5. Elaboración de cuadros de precaución.

Se elaboró los cuadros de precaución y características de diseño del Horno, para mejor comprensión del operador o del usuario, traduciéndolos al español.



Fig. 3.1. Estructura actual del Horno

### **3.2. SISTEMA TERMICO**

En el sistema térmico del horno se realizó una inspección y limpieza de los componentes térmicos , anotados en el capítulo anterior.

Todos los componentes se revisaron y se determinó que estaban en buenas condiciones.

### **3.3. SISTEMA ELECTRICO**

Se realizó el reemplazo del control Límite alto, ya que este se hallaba fuera de funcionamiento debido a que en su interior un circuito se hallaba roto, por un control de temperatura ON – OFF, el cual limita el proceso de calentamiento hasta una temperatura seleccionada.

Por ejemplo, se enciende el horno, se selecciona una temperatura de 500°C (932°F), se calienta el horno hasta esta temperatura, y se enciende una luz roja, que nos indica que se corta la tensión hacia las resistencias, una luz verde se enciende cuando nuevamente se envía tensión a las resistencias debido que la temperatura del horno ha bajado.

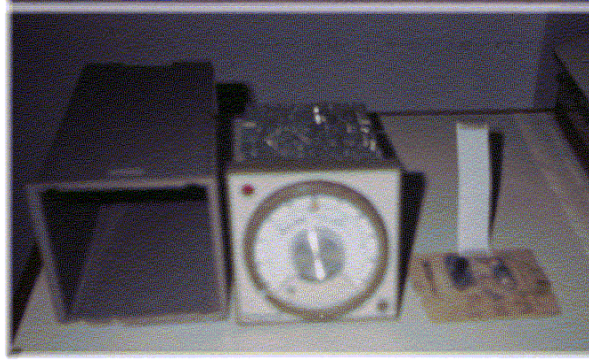


Fig. 3.2. Control límite alto de temperatura (dañado)



Fig. 3.3. Control de temperatura ON – OFF (reemplazo).

### 3.4. SISTEMA DE CONTROL

En el sistema de Control se realizo los siguientes cambios:

1. Se realizó el cambio de la función del selector de encendido apagado. El reemplazo fue por dos pulsadores, uno verde para el encendido y uno rojo para el apagado del horno. Además se instaló un relé auxiliar para funciones de enclavamiento.



Fig. 3.4. Selector de encendido / apagado (dañado)



Fig. 3.5. Pulsadores rojo y verde (ON-OFF)

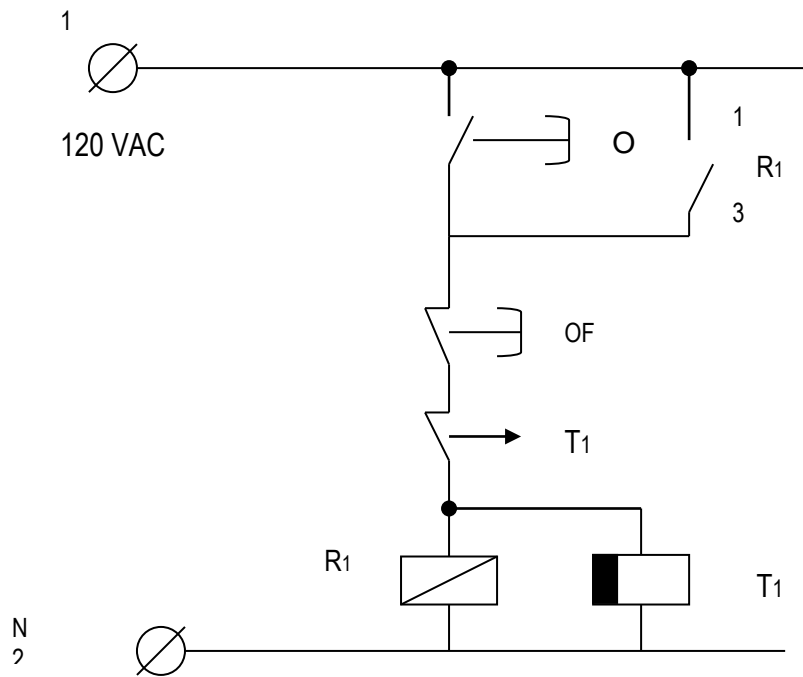


Fig. 3.6. Diagrama eléctrico del Control encendido / apagado del horno.

## 2. Colocación de un Temporizador (0 – 60 min.)

El objetivo de la instalación de este temporizador es apagar el horno luego de un tiempo seleccionado por el operador a partir del encendido del Horno (el temporizador se acciona cuando entra en funcionamiento el horno, presionando el pulsador verde. Fig. 3.4 y 3.6).

A continuación se muestra los componentes que se instalaron para habilitar y automatizar el horno:



Fig. 3.7. Controles actuales del Horno

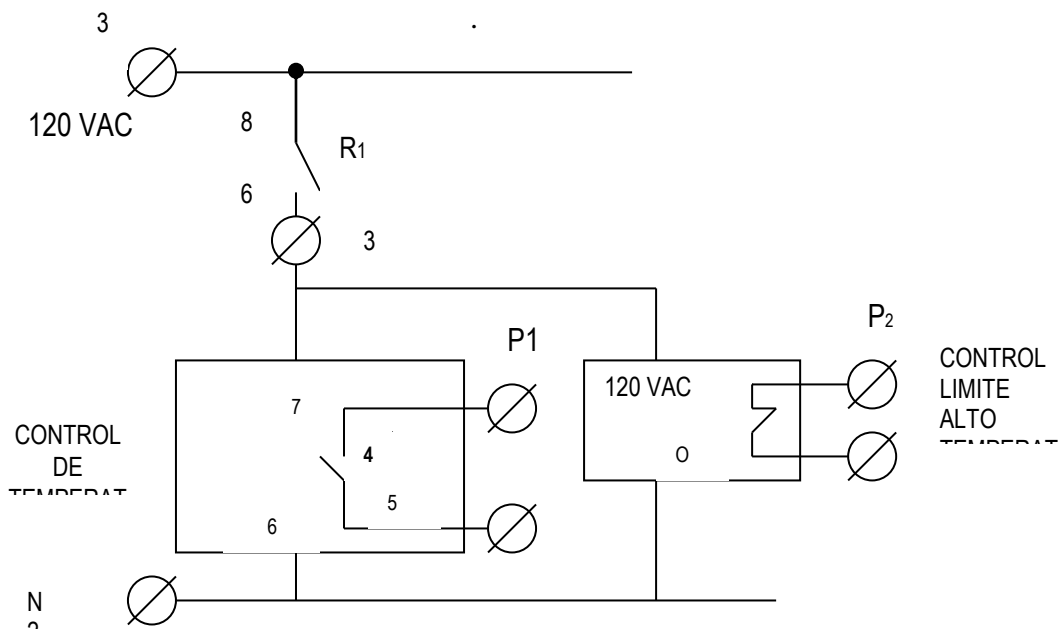


Fig. 3.8. Diagrama del Circuito de Alimentación para los controladores.

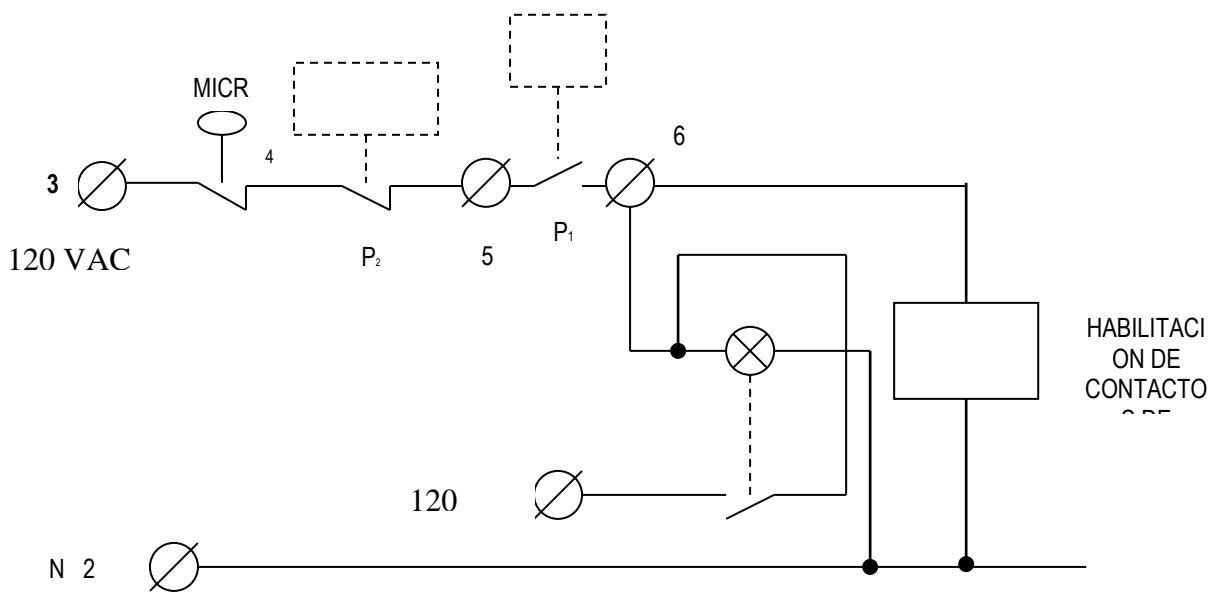


Fig. 3.9. Diagrama eléctrico de la Luz indicadora de calentamiento del horno



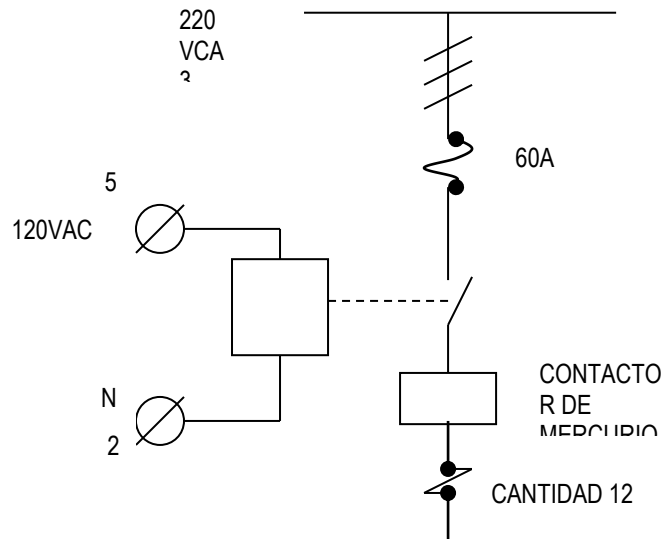


Fig. 3.10. Accionamiento de las resistencias de calentamiento

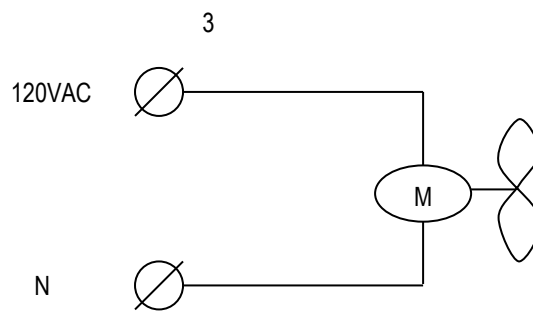


Fig. 3.11. Diagrama de Ventilación del horno.

### 3.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN

Luego de la habilitación ya automatización del horno, se va a realizar una prueba de funcionamiento para comprobar que todos los sistemas del horno estén operando correctamente.

Como se ha hablado de tratamientos térmicos, en el horno se va a realizar el revenido de un acero que, al momento de realizarlo, el acero cambiará su dureza que será comprobada mediante un medidor de dureza electrónico, que determinará que hubo un cambio en la dureza del material, determinando así que el horno está funcionando.

correctamente. El medidor que se va a utilizar es el existente en el Laboratorio de Ensayos no Destructivos del Ala N° 12.

Además el momento de realizar esta prueba seguiremos un procedimiento de operación de modo que se irá comprobando que los sistemas de control estén correctamente funcionando.

### **3.5.1. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO**

#### **Equipo a utilizarse.**

Horno para Tratamientos Térmicos marca Despatch

#### **Descripción del Proceso.**

Tratamiento Térmico: Revenido ( alivio de Tensiones).

Temperatura máxima: 180°C.

Tiempo del proceso: 45 MINUTOS

**Material a utilizarse:** Acero Bohler 8620

Dureza inicial: Se muestra en la tabla 3.1

Dureza final : Se muestra en la tabla 3.1

Tabla 3.1. Valores de Dureza inicial y final del acero

| <b>Pieza N°</b> | <b>Material (Puntos de Medición)</b> | <b>Dureza Inicial (HRC)</b> | <b>Dureza Final (HRC)</b> | <b>Variación de Dureza (HRC)</b> |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 01              | Acero Bohler SAE 8620                | 65                          | 63.4                      | 1.6                              |
| 02              | Acero Bohler SAE 8620                | 66.19                       | 63.7                      | 2.49                             |
| 03              | Acero Bohler SAE 8620                | 64.5                        | 62.6                      | 1.9                              |
| 04              | Acero Bohler SAE 8620                | 65                          | 63.2                      | 1.8                              |
| 05              | Acero Bohler SAE 8620                | 64.8                        | 63.1                      | 1.7                              |
| 06              | Acero Bohler SAE 8620                | 53.9                        | 47.6                      | 5.4                              |
| 07              | Acero Bohler SAE 8620                | 55.4                        | 50.1                      | 5.3                              |
| 08              | Acero Bohler SAE 8620                | 56.1                        | 54.9                      | 1.2                              |

#### **Preparación del Horno**

- Encendido del horno
- Seleccionar la temperatura de 100°C en el controlador digital de temperatura.

- Seleccionar la temperatura de 100°C en el Controlador ON-OFF.
- Calentar el horno hasta la temperatura indicada anteriormente..
- Vigilar constantemente que los controladores marquen la temperatura deseada y que las luces indicadoras funcionen correctamente..

### **Tratamiento Térmico**

- Seleccionar el material que va a ser introducido en la cámara del horno para efectuar el Revenido.
- Introducir el material al horno, en el momento en que el horno haya alcanzado los 180°C de temperatura.
- Colocar la tapa sobre la cámara de calentamiento
- Seleccionar el tiempo requerido para la operación.
- Proceda a sacar el material del horno.

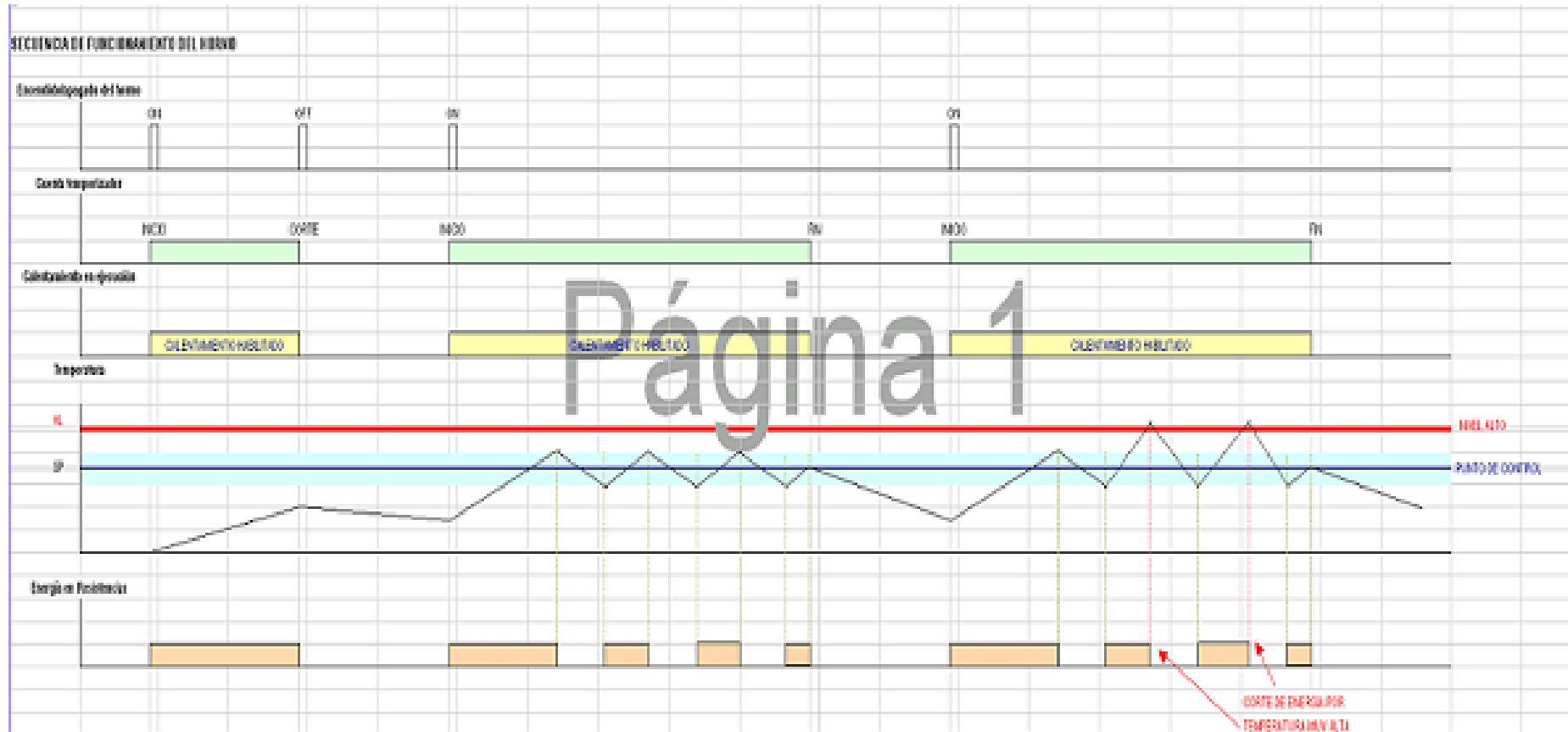
### **Comprobación de la prueba**

- Comprobar y verificar que todos los sistemas del horno se encuentren apagados.
- Medir la dureza luego y antes del revenido .
- Establecer diferencia entre las diferentes piezas de acero.
- Determinar si se ha realizado el tratamiento térmico, tomando como referencia la dureza del acero.

### **Precauciones.**

- En el momento de poner en funcionamiento tenga cuidado que en su interior, no exista material inflamable.
- Antes de abrir la tapa del horno, luego de haber terminado la práctica, destape los orificios de escape de gases y el regular de escape tipo cuchilla, para evitar que los gases causen daños personales.

Fig. 3.11 Secuencia de funcionamiento del horno



# **CAPITULO IV**


## **ELABORACIÓN DE MANUALES Y HOJAS DE REGISTRO.**

En este capítulo se establece los distintos procedimientos para la operación, mantenimiento, verificación, instrucciones, formatos de registros con su respectiva implementación para el Horno para Tratamientos Térmicos del Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA.

Los procedimientos y formatos que a continuación se detallan, nos permitirán conseguir una mejor utilización y conservación del Horno, además que de esta manera podremos obtener trabajos, ensayos o prácticas de mejor calidad que conllevarán al alumnado a obtener mejores conocimientos teórico-prácticos.

Para que este horno se mantenga en buenas condiciones, en esta sección, se ha creado un plan de Calibración Verificación y Mantenimiento Anual del horno, el mismo que estará a cargo del personal responsable del Laboratorio o de personal autorizado o con conocimientos sobre este horno.

## 4.1. MANUAL DE MANTENIMIENTO

|  |   |                              |                              |
|--|---|------------------------------|------------------------------|
| <br><b>TTS</b><br><b>FMAT</b> | <b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>                                      |                              | <b>Pág.: 1 de 1</b>          |
|  | <b>MANTENIMIENTO DEL HORNO DESPATCH PARA TRATAMIENTOS TERMICOS.</b> |                              |                              |
|  | <b>Elaborado por:</b> López Marco, Masaquiza Washington             |                              | <b>Revisión N°: 02</b>       |
|  | <b>Aprobado por:</b><br>Ing. Trujillo Guillermo                     | <b>Fecha:</b><br>2002- 09-07 | <b>Fecha:</b><br>2002- 09-07 |

### 1. OBJETIVOS:

Documentar el procedimiento para el Mantenimiento del Horno para Tratamientos Térmicos.

### 2. ALCANCE

Contempla el Horno para Tratamientos Térmicos ubicado en el Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA , para alumnos del ITSA, Ala N° 12 y dependencias externas.

### 3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Manual de operación d el Horno Despatch (Ingles-Español)

### 4. PROCEDIMIENTO

El jefe laboratorista debe realizar los siguientes procesos de mantenimiento:

4.1. Mantenimiento. Anual.

4.1.1. Verificar el estado de la estructura del Horno.

4.1.1.1. Presencia de corrosión en la estructura interna y externa del horno.

4.1.1.2 Reajustar los pernos y elementos de unión en la estructura del horno.

4.1.2. Verificar el estado de cada uno de los sistemas del Horno.

4.1.2.1. Revisión del sistema Térmico.

4.1.2.2. Revisión del sistema eléctrico

4.1.2.3. Revisión del sistema de control

4.2. Mantenimiento Mensual.

4.2.1. Chequear que las resistencias y las termocuplas estén funcionando utilizando un termopar o un termómetro de resistencia.


4.2.2. Verificar que el ventilador este funcionando correctamente.

4.3. Mantenimiento Semanal

4.3.1.Limpieza General.

4.3.2. Revisar que las tapas de los reguladores de escape de gases estén correctamente colocadas antes de realizar cualquier trabajo.

## 4.2.MANUAL DE VERIFICACIÓN

|  |  |                              |                              |
|--|--|------------------------------|------------------------------|
| <br>ITSA<br>EMA | <b>MANUAL DE VERIFICACION</b>                                      |                              | <b>Pág.:1 de 1</b>           |
|  | <b>VERIFICACION DEL HORNO PARA TRATAMIENTOS TERMICOS DESPATCH.</b> |                              |                              |
|  | <b>Elaborado por:</b> López Marco, Masaquiza Washington            |                              | <b>Revisión N°: 02</b>       |
|  | <b>Aprobado por:</b><br>Ing. Trujillo Guillermo                    | <b>Fecha:</b><br>2002- 09-07 | <b>Fecha:</b><br>2002- 09-07 |

### 1. OBJETIVO.

Realizar la documentación del proceso de verificación para el Horno para Despatch..

### 2. ALCANCE.

Contempla la operabilidad del horno para Tratamientos Térmicos Despatch del Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA

### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

N/A

### 4. DEFINICIONES.

N/A

### 5. PROCEDIMIENTO

El técnico laboratorista realizará la verificación del Horno Despatch anualmente.

5.1. Verifique que los componentes del sistema de control del Horno este marcando las magnitudes correctas.


5.1.1. Envíe los componentes del sistema de Control para la verificación al INEN, al Laboratorio Nacional de Metrología (Dirección de Aseguramiento Metrológico).

5.2. Verificar que los filtros del sistema de ventilación estén libres de suciedad, y si es necesario cambie los filtros.

5.3. Revisar que los reguladores de cuchilla y orificios de ventilación estén funcionando correctamente.

**FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_

### 4.3. MANUAL DE INSTRUCCIONES

|  |  |                              |                              |  |
|--|--|------------------------------|------------------------------|--|
|  <p>ITSA<br/>EMA</p>  | <b>INSTRUCTIVO.</b>  |                              | <b>Pág.: 1 de 2</b>          |  |
|  | <b>OPERACIÓN DEL HORNO ELECTRICO PARA TRATAMIENTOS TERMICOS MARCA DESPATCH</b> |                              |                              |  |
|  | <b>Elaborado por:</b> López Marco, Masaquiza Washington                        |                              | <b>Revisión N°: 02</b>       |  |
|  | <b>Aprobado por:</b><br>Ing. Trujillo Guillermo                                | <b>Fecha:</b><br>2002- 09-07 | <b>Fecha:</b><br>2002- 09-07 |  |
| <p><b>1. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</b></p> <p>Manual de operación Despatch.</p> <p><b>2. CODIGO DEL EQUIPO</b></p> <p>MB 01</p> <p><b>3. UBICACIÓN DEL EQUIPO</b></p> <p>Laboratorio de Mecánica Básica ITSA (Anexo A)</p> <p><b>4. MARCA DEL EQUIPO</b></p> <p>Despatch Industries, Inc.</p> <p><b>5. MODELO:</b></p> <p>PTF2 13G</p> <p><b>6. CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b></p> <p>6.1. Voltaje: 220V<br/>         6.1. Fases: 3<br/>         6.2.Peso: 1500 lb.<br/>         6.3.Capacidad máxima de carga: N/A<br/>         6.4.Combustible: N/A<br/>         6.5.Refrigerante: N/A.<br/>         6.6.Tipo de motor: N/A.<br/>         6.7.Potencia del motor: N/A.<br/>         6.8.Velocidad máxima del motor: N/A.<br/>         6.9.Frecuencia: N/A.<br/>         6.10.Temperatura máxima: 538°C 1000°F.</p> <p><b>7. NOMBRE DEL TRABAJO:</b></p> <p>Tratamientos Térmicos</p> |  |                              |                              |  |



## **8. TIEMPO DE DURACIÓN:**

De acuerdo al trabajo, práctica o ensayo.

## **9. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:**

- 9.1. Prepare el material que va ser realizado el tratamiento térmico.
- 9.2. Conecte el horno a la fuente de alimentación principal.
- 9.3. Coloque la palanca del switch de desconexión principal en la posición ON/.
- 9.4. Encender el horno (Presione el pulsador verde.)
- 9.5. Verifique que la luz indicadora de calentamiento este encendida.
- 9.6. Seleccionar la temperatura deseada en el controlador de temperatura digital.
- 9.7. Seleccionar la temperatura deseada en el control ON/OFF.
- 9.8. Seleccionar el tiempo requerido para realizar el tratamiento térmico.
- 9.9. Realice el ensayo, trabajo o práctica deseada.
- 9.10. Si necesita apagar el horno antes del tiempo seleccionado , presione el pulsador rojo (OFF)
- 9.11. Una vez culminado el trabajo cerciórese que el horno este apagado y desconecte el Interruptor de cuchilla principal.

## **10. PRECAUCIONES:**


- 10.1. Revisar que las instalaciones que las instalaciones eléctricas estén en perfectas condiciones.
- 10.2. Al realizar la practica tenga cuidado que en el interior del horno no exista material que pueda diluirse con el calor.
- 10.3. Elegir correctamente la temperatura a la que se va a trabajar.
- 10.4. Siga una orden de trabajo para que su práctica tenga éxito.
- 10.5. No abrir el horno mientras este se encuentra en funcionamiento.

## **11. PRESTACIÓN DE SERVICIOS:**

- 11.1 Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- 11.2. Ala N° 12.
- 11.3. Servicios externos

**12 .FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_



|   |                             |                            |
|---|-----------------------------|----------------------------|
|  | <b>REGISTRO</b>             | <b>Código:</b><br>LMB 02-R |
|   | <b>PRACTICAS DIDACTICAS</b> | <b>Registro N°:</b>        |

Solicitado por: .....

Fecha de inicio: ...../...../.....

Fecha de finalización: ...../...../.....

Total horas de instrucción: .....

Descripción de la práctica: .....

.....

Equipo Utilizado: .....

.....

Material: .....

Práctica:    Normal        Anormal   

| N° | Tema | Observaciones |
|----|------|---------------|
| 01 |      |               |
| 02 |      |               |
| 03 |      |               |
| 04 |      |               |
| 05 |      |               |
| 06 |      |               |
| 07 |      |               |
| 08 |      |               |
| 09 |      |               |

\_\_\_\_\_

|  |                             |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
|  <p>ITSA<br/>EMAI</p> | <b>REGISTRO</b>             | <b>Código:<br/>LMB 03-R</b> |
|  | <b>PRACTICAS DIDACTICAS</b> | <b>Registro N° :</b>        |

Hoja:            de

Solicitado por: .....

Equipo Utilizado: .....

Fecha de inicio: ...../...../.....

.....

Fecha de finalización: ...../...../.....

Total horas de instrucción: .....

Descripción de la práctica: .....

.....

Práctica:    Normal        Anormal   

| N° Probeta | Material | Temperatura (°C o °F) | Tiempo (min.) | Dureza (RHC) | Observaciones |
|------------|----------|-----------------------|---------------|--------------|---------------|
|            |          |                       |               |              |               |
|            |          |                       |               |              |               |
|            |          |                       |               |              |               |
|            |          |                       |               |              |               |

**JEFE LABORATORIO MECANICA BASICA.**

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
| <br><b>ITSA</b><br><br><b>EMAI</b> | <b>REGISTRO</b>                                | <b>Código:</b><br><b>LMB 04-R</b> |
|   | <b>LIBRO DE VIDA IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b> | <b>Registro N°:</b>               |

**Hoja:    de**

Equipo : .....

Código : .....

Manual : .....

Instructivo : .....

Serie : .....

Fabricante : .....

Vendedor / Donante : .....

Dirección Fabricante : .....

Fecha de Recepción Provisional : ...../...../.....

Fecha de Recepción Definitiva : ...../...../.....

Fecha de Puesta en Servicio : ...../...../.....





|   |                        |                                     |
|---|------------------------|-------------------------------------|
| <br><b>ITSA</b><br><br><b>EMAI</b> | <b>REGISTRO</b>        | <b>Código:</b><br><b>LMB 07-R</b>   |
|   | <b>INFORME TECNICO</b> | <b>Informe N°:</b><br><br><b>02</b> |

Hoja : de.....

PRACTICA: .....

Solicitado por. ....

Orden N°: 01

Características del equipo:

Fecha de realización del Informe: ...../...../.....

Tipo de equipo: .....

Práctica: Normal:

Descripción del Equipo:.....

Anormal:

| N° | FECHA DE PRACTICA | MATERIAL | DIMENSIONES | t min. | DUREZA |
|----|-------------------|----------|-------------|--------|--------|
| 01 | / /               |          |             |        |        |
| 02 | / /               |          |             |        |        |
| 03 | / /               |          |             |        |        |
| 06 | / /               |          |             |        |        |
| 07 | / /               |          |             |        |        |
| 08 | / /               |          |             |        |        |
| 09 | / /               |          |             |        |        |
| 10 | / /               |          |             |        |        |

PROMEDIOS:

Donde. t = tiempo por práctica

**CONCLUSIONES:**

.....

.....

.....

---

**JEFE LABORATORIO MECANICA BASICA**



|   |                                    |                             |
|---|------------------------------------|-----------------------------|
|  | <b>REGISTRO</b>                    | <b>Código:<br/>LMB 08-R</b> |
|   | <b>LIBRO DE VIDA-MANTENIMIENTO</b> | <b>Registro N°.:<br/></b>   |

Hoja:    de

| N° | Fecha  |              | Trabajo Realizado | Material y/o Repuesto Utilizado | Responsable | Observaciones |
|----|--------|--------------|-------------------|---------------------------------|-------------|---------------|
|    | Inicio | Finalización |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |
|    | / /    | / /          |                   |                                 |             |               |



# **CAPITULO V**

## **ESTUDIO ECONOMICO**

En este capítulo se encontrará el costo de la Habilitación y Automatización del Horno para Tratamientos Térmicos marca Despatch del Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA para luego realizar un análisis económico financiero y poder poseer un Horno de acuerdo a las necesidades del Laboratorio.

Puesto que el objetivo de este proyecto es el la prestación de servicios del horno para realizar trabajos tanto para FAE como para personal externo, se busca también contar con a todos los equipos necesarios, en el Laboratorio de Mecánica Básica, para el aprendizaje de alumnado del ITSA.

### **5.1. PRESUPUESTO**

En el momento que se realizó el estudio , antes de concretar este proyecto, se llegó a la conclusión de que la Habilitación y Automatización del Horno para Tratamientos Térmicos tenía un costo de 310 USD.

### **5.2. ANÁLISIS ECONOMICO - FINANCIERO**

Se presentan cuatro rubros que son los principales en la Habilitación y Automatización del Horno, los cuales se describen a continuación:

1. Materiales.
2. Equipos de control
3. Mano de Obra.
4. Otros.

**1. Materiales.-** Este rubro comprende todos los materiales para la Habilitación del Horno.

Tabla 5.1. Lista de materiales para la Habilitación del Horno.

| <b>MATERIAL PARA LA HABILITACION DEL HORNO</b> |                 |                   |
|--|-----------------|-------------------|
| <b>DETALLE</b>                                 | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR USD.</b> |
| Pintura color crema                            | 1 Galón         | 12.50             |
| Diluyente                                      | 1 Galón         | 5.00              |
| Pintura color negro                            | ¼ Litro         | 3.50              |
| Brochas  | 1               | 2.50              |
| Guaípe   | 1 Libra         | 3.00              |
| Rollos de fotografías                          | 2               | 15.00             |
| <b>TOTAL MATERIALES</b>                        |                 | <b>41.50</b>      |

**2. Equipos de Control.-** Para la Habilitación y Automatización se utilizaron los siguientes equipos y elementos de control

Tabla 5.2. Lista de Equipos de control para la Habilitación y Automatización

| <b>EQUIPOS DE CONTROL</b>       |                 |                   |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|
| <b>DETALLE</b>                  | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR USD.</b> |
| Controlador de temperatura      | 1               | 105.09            |
| Controlador por tiempo          | 1               | 49.46             |
| Pulsadores on-off               | 2               | 8.03              |
| <b>TOTAL EQUIPOS DE CONTROL</b> |                 | <b>162.58</b>     |

**3. Mano de Obra.-** La mano de obra esta comprendida principalmente por la adecuación de los controles del horno.

Tabla 5.3. Costos de Mano de Obra

| <b>MANO DE OBRA</b>       |                        |                  |
|---------------------------|------------------------|------------------|
| <b>DETALLE</b>            | <b>VALOR USD/ HORA</b> | <b>VALOR USD</b> |
| Instalación Eléctrica     | 10                     | 70.00            |
| Pintura                   |                        | 30.50            |
| <b>TOTAL MANO DE OBRA</b> |                        | <b>100.50</b>    |

**4. Otros.-** Este rubro comprende los materiales usados para las pruebas de funcionamiento, costos de impresión de planos, materiales de apoyo didáctico, transporte, etc.

Tabla 5.4. Costo de otros gastos

| <b>OTROS GASTOS</b>         |                 |                   |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| <b>DETALLE</b>              | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR USD.</b> |
| Acero Bohler 8620 cementado | 5 kg            | 44.1              |
| <b>TOTAL OTROS GASTOS</b>   |                 | <b>44.1</b>       |

Por lo tanto, el costo total para la Habilitación y Automatización del Horno para Tratamientos Térmicos marca Despatch, Inc. del Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA es:

Tabla 5.5. Costo Total de la Habilitación y Automatización del Horno

| <b>COSTO TOTAL</b> |                  |
|--------------------|------------------|
| <b>DETALLE</b>     | <b>VALOR USD</b> |
| Material           | 41.50            |
| Control Equipment  | 162.58           |
| Mano de Obra       | 100.50           |
| Others             | 44.10            |
| <b>TOTAL</b>       | <b>348.68</b>    |

# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES.

- El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico contaba con un Horno para Tratamientos Térmicos que se hallaba en condiciones de reparable y que en la actualidad se encuentra funcionando, prestando servicios a cualquier personal relacionado con el horno y procedimientos del mismo.
- Para realizar un tratamiento térmico se debía acudir a otras empresas que poseían este horno, ahora contamos con este equipo en el Laboratorio de Mecánica Básica del ITSA .
- Se necesitaba contar con un Horno para darle a los remaches un tratamiento térmico, cuando se realizaba prácticas del alumnado, es así que se decidió proceder a la habilitación del Horno.
- Para la Habilitación y Automatización se adquirió equipos de control que cumplían el mismo servicio que los dañados , de buena aceptabilidad y confiabilidad.
- Se adaptó un nuevo sistema de control por tiempo con el cual logramos limitar el tiempo de operación del horno, brindando así mayor seguridad, facilidad de operación en la elaboración de prácticas ensayos o trabajos.

- La elaboración de manuales y hojas de registro permitirán que este equipo permanezca en buenas condiciones, además de la aplicación de toda la información presentada en este proyecto.
- Se elaboró la traducción de un manual ( Inglés – Español) el cual servirá para la correcta operación del Horno Despatch.
- Al realizar las pruebas de funcionamiento se determinó que en el horno se puede dar tratamientos térmicos tales como el revenido y alivio de tensiones, en estas pruebas se determinó al aplicar diferentes tiempos en diferentes temperaturas, se adquiriría diferentes durezas.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- El Laboratorio de Mecánica Básica se encuentra dotado de una buena maquinaria suficiente para brindar mejores conocimientos al alumnado del ITSA, pero hay que tomar en cuenta que los años han ido deteriorando el equipo por lo que es necesario que todas entren en un proceso de rehabilitación y mantenimiento.
- Se recomienda que las personas que realicen un trabajo en esta maquinaria tengan un pleno conocimiento del funcionamiento de las máquinas, pudiendo así evitar daños materiales, en propiedad o causar accidentes.



- Las prácticas, trabajos y ensayos servirán para que todo el personal que se relaciona con este equipo obtenga mejores conocimientos.
- Este horno para Tratamientos Térmicos funcionará para generar un sistema de autogestión de los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica, debiendo así presentar información sobre la prestación de servicios de este.