



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MÉXICO**

***FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN***

**PROCESOS DE MANUFACTURA APLICADOS EN UNA LÍNEA  
DE PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE RADIADORES**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:**

**JULIO CESAR BALDERAS LÓPEZ**

**ASESOR: M. I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo lo quiero dedicar a las siguientes personas:

***A mis padres.***

Por el apoyo incondicional, su esfuerzo y por sus palabras de aliento; que me dieron fuerzas para seguir luchando.

***A mi familia.***

Por la paciencia y el esfuerzo que juntos realizamos para lograrlo.

***A mis maestros.***

Por sus enseñanza y consejos y sobre todo a mi asesor por su tiempo y dedicación.

# INDICE

## INTRODUCCIÓN

### CAPITULO 1

#### CONCEPTOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE LOS RADIADORES.

- 1.1 Fenómeno de convección
  - 1.1.1 Convección natural
  - 1.1.2 Convección forzada
- 1.1 Componentes del radiador
  - 1.2.1 Tubos de circulación de líquido refrigerante
  - 1.2.2 Formas de aleta para radiador
  - 1.2.3 Panel del radiador
  - 1.2.4 Depósitos de líquido refrigerante
  - 1.2.5 Anticongelantes
- 1.2 Clasificación de los radiadores
- 1.3 Componentes auxiliares del radiador

### CAPITULO 2

#### MATERIALES USADOS EN LA FABRICACIÓN DE RADIADORES

- 2.1 El cobre
- 2.2 Latón
  - 2.2.1 Resistencia
  - 2.2.2 Maquinabilidad
  - 2.2.3 Resistencia a la corrosión
  - 2.2.4 Conductividad
  - 2.2.5 Resistencia al desgaste

- 2.3 Acero
  - 2.3.1 Acero inoxidable
  - 2.3.2 Corrosión
  - 2.3.3 Corrosión intergranular
  - 2.3.4 Corrosión galvánica
  - 2.3.5 Corrosión por picadura
- 2.4 Estaño
- 2.5 Aluminio
- 2.6 El plástico

### CAPITULO 3 PROCESOS DE MANUFACTURA

- 3.1 Clasificación de los procesos de manufactura
  - 3.1.1 Diagramas de procesos de manufactura
  - 3.2.1 Naturaleza y propiedades de los materiales
- 3.3 Curva tiempo-temperatura de los metales

### CAPITULO 4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES DEL RADIADOR

- 4.1 Operaciones de trabajo en frío
- 4.2 Trabajo en prensa
  - 4.2.2 Tipos de prensas
    - 4.2.1.1 Prensa de escote
    - 4.2.1.2 Prensa tipo puente
    - 4.2.1.3 Prensa de yunque
    - 4.2.1.4 Prensa dobladora
    - 4.2.1.5 Prensa hidráulica

- 4.3 Ciclo de estampado
- 4.4 Punzonado
- 4.5 Descripción de una matriz
- 4.6 Embutido
- 4.7 Terminado de tubos
- 4.8 Cizallamiento
  - 4.8.1 Cizallada de escuadra
- 4.9 Doblado y formado
- 4.10 Lubricantes para estampado de chapa
- 4.11 Proceso de fabricación automático (control numérico)
  - 4.11.1 Secuencia de operaciones
  - 4.11.2 Coordenadas rectangulares
- 4.12 Lavado de partes
  - 4.12.1 Decapado químico

## CAPITULO 5 PROCESO DE SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE

- 5.1 Gases industriales usados en el proceso de fabricación
- 5.2 Fluido Gasflux
- 5.3 Tipos de soldaduras por medio de gas combustible
- 5.4 Equipo para soldadura aplicada con gas combustible
  - 5.4.1 Tipos de sopletes
- 5.5 Tipos de flamas para soldadura con gas carburante
- 5.6 Descripción de los fundentes y soldaduras utilizadas en cada proceso

## CAPITULO 6

### PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO POR GAS ( MIG )

#### 6.1 Proceso MIG

##### 6.1.1 Proceso de la soldadura MIG

#### 6.2 Los componentes de un proceso de soldadura MIG

#### 6.3 Tipos de transferencia

##### 6.3.1 Spray o pulverizado

##### 6.3.2 Globular o goteo

##### 6.3.3 Corto circuito

#### 6.4 Aplicación del proceso MIG

##### 6.4.1 Posiciones de soldadura

#### 6.5 Tipos de uniones en soldadura

## CAPITULO 7

### SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

#### 7.1 Partes de una máquina punteadora

#### 7.2 Soldadura por proyección de puntos

##### 7.2.1 Proceso de soldadura por puntos

#### 7.3 Ciclo de trabajo

#### 7.4 Principios de operación

#### 7.5 Metales soldables

#### 7.6 Tipos de electrodos

7.7 Tipos de uniones

7.8 Maquinas soldadoras por resistencia eléctrica

## CAPITULO 8 EL PLÁSTICO COMO FUTURO DEL RADIADOR

8.1 Propiedades favorables o desfavorables de los plásticos

8.2 Selección de plásticos

8.3 Graficas comparativas de algunas propiedades entre plásticos y diferentes materiales.

8.4 Partes plásticas de un radiador

8.4 Graficas evolutivas del radiador de cobre/latón vs aluminio/plástico

8.6 Comparativo de fabricación del radiador

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



## INTRODUCCIÓN

Los procesos de manufactura tienen una gran variedad, los cuales permiten transformar las materias primas como los metales y actualmente los plásticos. Dentro de estos procesos algunos han tenido avances tecnológicos que permiten obtener mejores productos tanto en calidad como en cantidad.

Se sabe que para las empresas es de suma importancia el factor económico ya que los mercados son muy competidos y si se logra obtener productos que cumplan las normas establecidas, así como un mejor precio de venta y una excelente calidad; ese producto tendrá una larga vida en el mercado y además de que se puede llegar a colocar a nivel mundial.

En el caso del radiador se ha tenido una evolución, ya que al diseñarlos se tienen que buscar los componentes que permitan aligerar el peso del mismo y además de obtenerlos de manera más económica para reducir costos y lograr un mejor precio de venta. En algunos casos se puede lograr, pero en los radiadores de uso industrial su diseño no puede variar mucho; debido a que tienen diferentes especificación de diseño y funcionalidad.

Un radiador sirve para extraer el calor que se genera durante la combustión de la mezcla de aire-combustible en los cilindros del motor de un vehículo, donde se alcanzan temperaturas de 2200 ° C.

Así, en el capítulo uno se describe el principio de funcionamiento de un radiador, las partes que lo componen y su clasificación. También se encuentra la importancia de utilizar algún tipo de anticongelante en lugar de solo agua.

En el capítulo dos se menciona como debe seleccionarse un material, dependiendo de las necesidades que se tengan en el diseño del producto en función a las propiedades de los materiales mas usados en la fabricación de los radiadores.

Dentro del capítulo tres se proporciona información de cómo planear un proceso de manufactura, entendiendo los criterios de producto-beneficio y de productos-efectivos; y ser capaz de interpretar un diagrama de manufactura que conlleve al objetivo final el producto.

Se muestra cada uno de los procesos que se involucran en la transformación de las materias primas para obtener los componentes de ensamble del radiador

El capítulo cuatro se refiere al trabajo en prensa donde se lleva a cabo la mayoría de las operaciones del trabajo en frío y los tipos de prensas que se conocen actualmente.

Dentro de las operaciones del trabajo en frío, solo se detallan aquellas en las cuales se transforma la materia prima en los elementos de ensamble del radiador.

Se puede observar como se lleva a cabo el ciclo de estampado, con ejemplos del formado de las piezas ó la ventaja de utilizar un proceso con maquinas de CNC.

El capítulo cinco menciona como se realiza el proceso de soldadura con gas combustible, en el cual se hace hincapié en los utilizados en el proceso de los radiadores; que son por medio de una mezcla de gas natural-aire y oxígeno-gas natural-gasflux.

Este ultimo puede verse como una variante del proceso de oxiacetileno, tanto en proceso de aplicación como en obtención de productos.

En el capítulo seis se describe el proceso de soldadura por arco metálico protegido por gas, este proceso se conoce con las siglas MIG. Se indica para que tipo de materiales son recomendable este proceso, se indica como se aplica la operación, el equipo de trabajo por medio del cual se aplica y como se compone este equipo.

Encontraremos las ventajas que se pueden obtener en su aplicación, los tipos de gases de protección que se manejan y como esta conformado el equipo de trabajo.

Así mismo, se menciona los tipos de transferencia que se manejan, así como las posiciones de soldadura que se pueden manejar y las uniones que se logran obtener.

En el capítulo siete se muestra como se pueden unir dos hojas de metal por medio de una resistencia eléctrica y un poco de presión mecánica, sin necesidad de algún material de aporte.

Por lo tanto, se indica como se realiza el trabajo, como son los equipos que realizan esta operación y que se requiere para manejarlo; tanto en conocimiento de operación como en materiales auxiliares.

Para finalizar en el capítulo ocho, se muestra una visión sobre el futuro del radiador de componentes metálicos con respecto al de componentes plásticos.

Se compara a los plásticos con diferentes materiales y se muestran algunas propiedades de los mismos en varias situaciones. En el caso de los radiadores se puede ver como en aquellos de componentes metálicos, su venta en el mercado ha ido disminuyendo; ocasionando que los de componentes plásticos ganen terreno; a tal grado que desaparezcan los primeros casi en un 90% de su producción.

## CAPITULO 1

### CONCEPTOS BÁSICOS DE OPERACIÓN DE LOS RADIADORES

Para conocer como opera un radiador (figura 1.1) se necesitan conocer los principios sobre los cuales se llego a su diseño y funcionamiento. Por lo tanto a continuación se establecen algunas características.

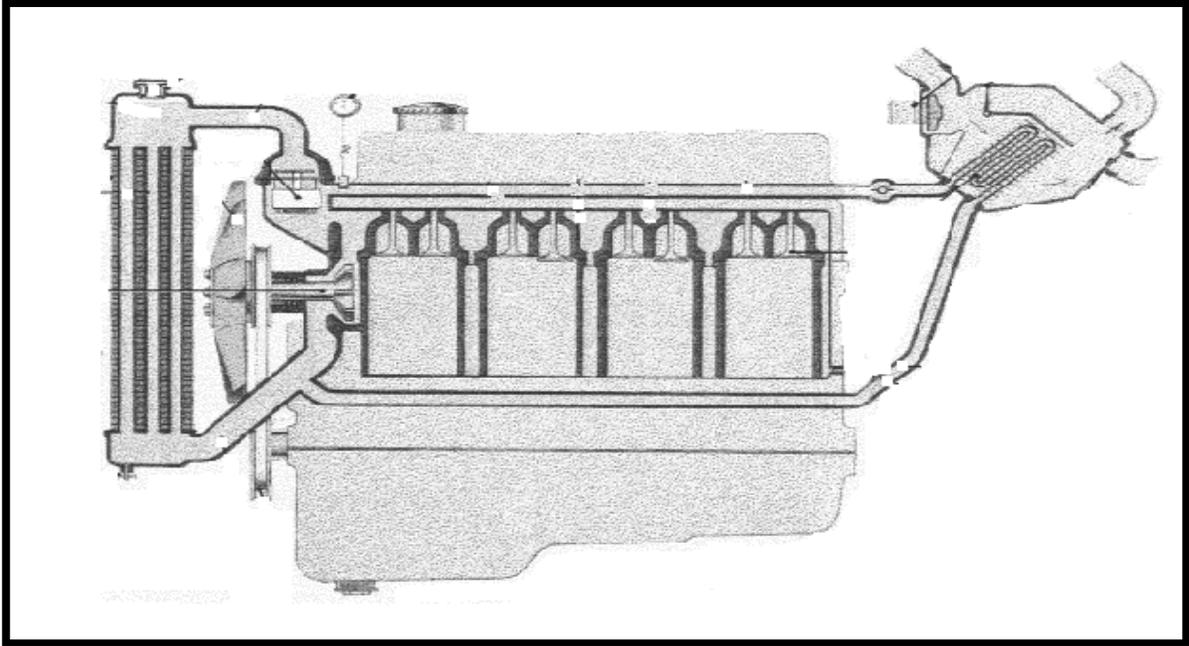


Figura 1.1 Radiografía del sistema de enfriamiento de un vehículo

La función del radiador es liberar el calor no deseado de una máquina que su funcionamiento es en base a un motor, siendo el propósito del sistema de enfriamiento el mantener el motor a su temperatura de funcionamiento mas eficiente bajo todas las condiciones de operación. Durante la combustión de la mezcla de aire-combustible en los cilindros del motor de un vehículo por ejemplo, se alcanzan temperaturas de 4000 °F (2200°C) o superiores. Parte de dicho calor es absorbido por las paredes del cilindro, la culata del cilindro y los pistones. El sistema de refrigeración esta diseñado para eliminar alrededor de un 30 a un 35% del calor producido en las cámaras de combustión.

El motor es muy poco eficiente cuando esta frío. Por ello, el sistema de enfriamiento incluye dispositivos que evitan la acción de refrigeración normal durante el calentamiento del motor.

Dichos dispositivos permiten que las paredes del motor alcancen su temperatura normal de funcionamiento y el sistema de enfriamiento empieza a funcionar.

Dicho sistema enfría rápidamente el motor cuando esta caliente mientras que, cuando esta frío o en el periodo de calentamiento, lo enfría lentamente o no lo enfría en absoluto.

Con lo citado se puede deducir que el radiador basa su funcionamiento en una transferencia de calor, donde seria el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. Por lo tanto, se puede decir que hay un intercambio de calor por medio de una convección.

Donde exista una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento de flujo desde una área de alta temperatura a una de baja temperatura, a este fenómeno se le llama fenómeno de convección. La figura 1.2 muestra en la zona oscura la zona caliente y en la zona clara la zona fría del cuerpo.

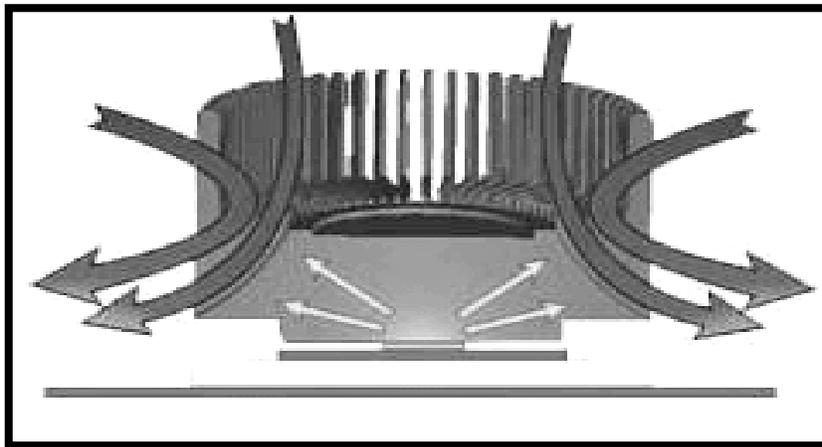


Figura 1.2 Representación de zonas fría y caliente en un cuerpo

## 1.1 FENÓMENO DE CONVECCIÓN

Para que exista transmisión de calor por convección se considera que el calor fluirá a través de un medio cuyas moléculas o partículas presentan movimiento relativo, es decir un medio líquido, gaseoso, o mas genéricamente un medio fluido.

Como ejemplos de medios de fluido se tienen: aire, agua, oxígeno, aceites, etc., se encuentran en estado gaseoso, líquido o con una viscosidad suficiente para permitir el movimiento relativo de sus partículas. La convección puede realizarse de forma natural o forzada.

### 1.1.1 CONVECCIÓN NATURAL

Por la diferencia de densidad o de peso específico que aparece debido a las diferentes temperaturas se produce, que el fluido mas frío circule hacia abajo y el mas caliente hacia arriba, produciendo una corriente ascendente. En esta consideración participan la fuerza de gravedad.

### 1.1.2 CONVECCIÓN FORZADA

Es cuando se aplican medios mecánicos para hacer circular el fluido pudiendo ser ventiladores, bombas, agitadores, etc.

El sistema de enfriamiento “radiador”, es el nombre que recibe el intercambio de calor que absorbe el calor del refrigerante que circula por él. El núcleo del radiador se divide en dos compartimientos separados e intrincados. El refrigerante pasa a través de uno de ellos, mientras que el aire pasa por el otro; los dos mas comunes núcleos son el de tubo y aleta y el celular de cinta.

El radiador de tubos y aletas de la figura 1.3 consiste en una serie de tubos que van del deposito o colector superior al colector inferior del radiador. Estos tubos están rodeados de aletas en el exterior unidas a ellos para mejorar la transmisión de calor. El aire pasa por el exterior de los tubos de agua y entre las aletas, disipando el calor del refrigerante.

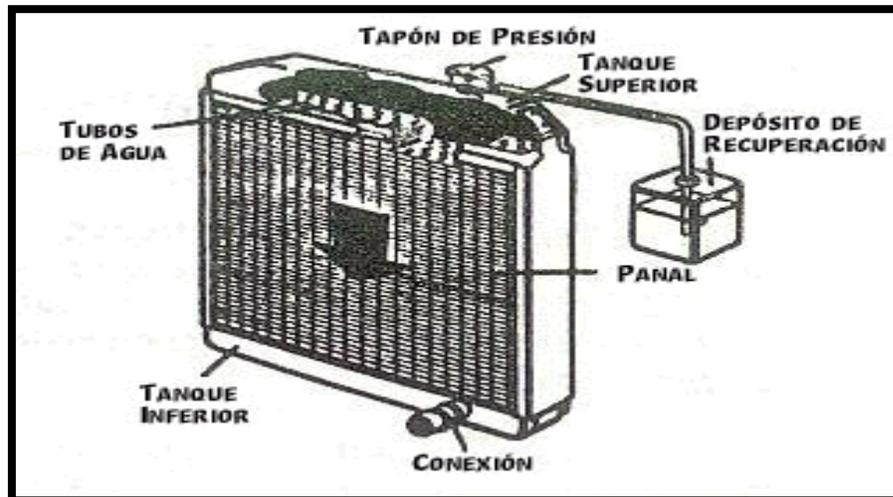
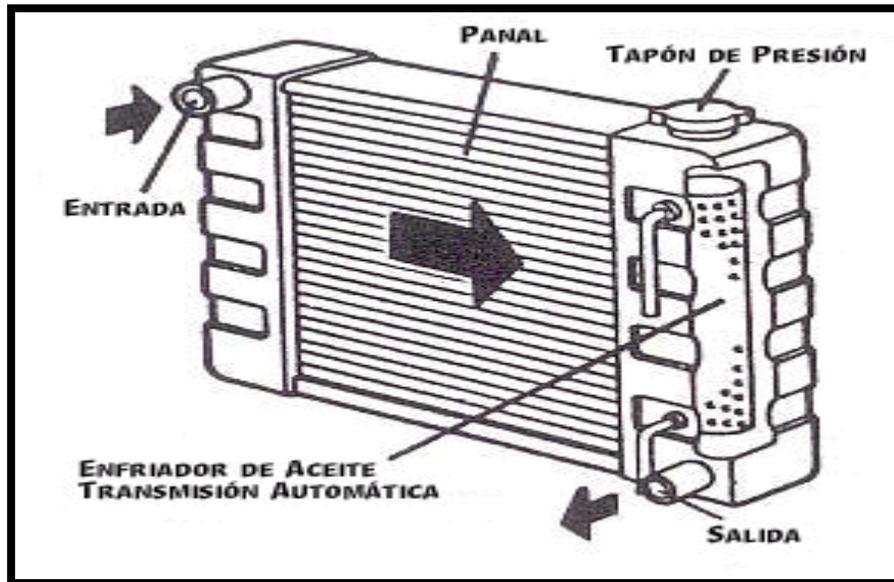


Figura 1.3 Representación de un radiador

## 1.2 COMPONENTES DEL RADIADOR.

En la figura 1.4 se muestran los principales componentes de un radiador.



Figural.4 Indicación de componentes de un radiador

A continuación se describen cada uno de ellos:

### 1.2.1 TUBOS DE CIRCULACIÓN DE LIQUIDO REFRIGERANTE

Son de dos tipos: los primeros, de forma circular de aluminio de alta pureza y el otro es de forma de ovalo de cinta de latón con un baño de estaño. En la figura 1.5, se muestran algunos tipos de panales de radiador.

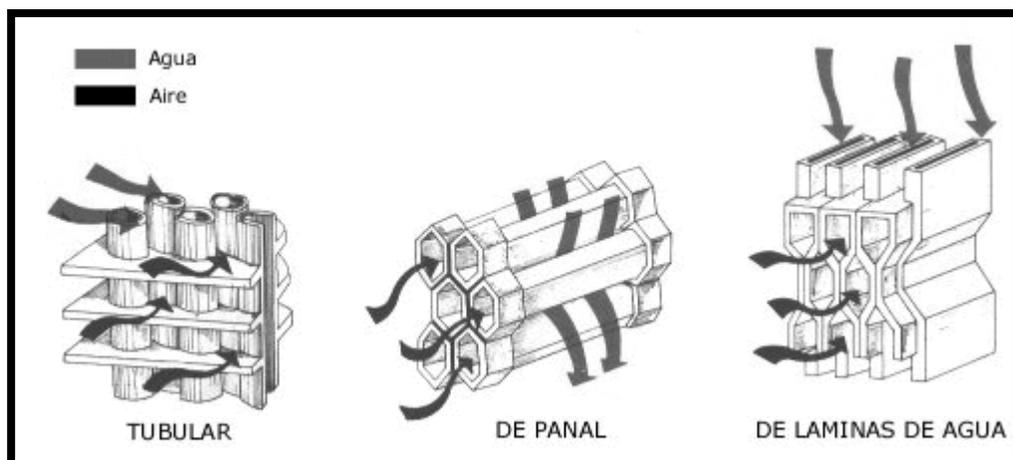


Figura 1.5 Muestran diferentes tipos de tubos para la formación del panel de un radiador

### 1.2.2 TIPOS DE ALETAS PARA RADIADOR

Están compuestas por cintas de aluminio o de cobre, de dos tipos; ya sea de forma plana o de tipo serpentín. La de forma plana son troqueladas por donde pasaran los tubos y las de tipo serpentín van intercaladas entre los tubos del panel. En la figura 1.6 se observa una aleta tipo serpentín.

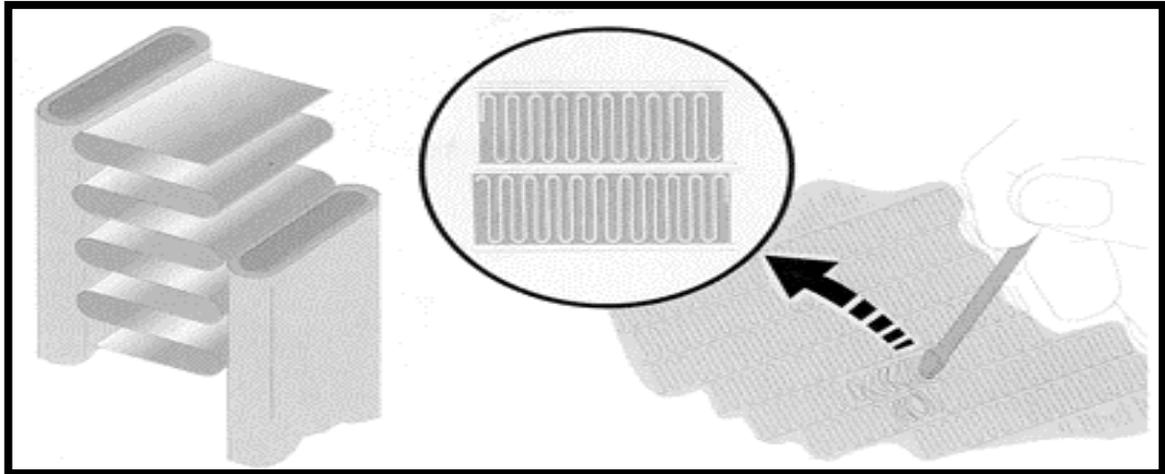


Figura 1.6 Aleta tipo serpentín

### 1.2.3 PANEL DEL RADIADOR

Se puede trabajar en aluminio, tanto el tubo como la aleta se realizan por medio de la mecanización del aluminio, es decir, se funden al momento de su formación; en el de tubo de estaño y cintas de cobre se pasa a través de un horno para que el estaño dentro del horno alcance la temperatura mínima de fundición y se adhiera a las cinta de cobre, además de que en ese mismo proceso se da un calentamiento al cobre para que se adhiera el estaño; en un tiempo estimado dentro del horno y se enfría por medio de un chorro de aire.

Adicionalmente, a los dos modelos para poder sujetarlos se les coloca un par de laterales y unos cabezales troquelados con el número de tubos a colocar, ya sea de aluminio o de latón como el de la figura 1.7.



Figura 1.7 Panel terminado en aleta plana

#### 1.2.4 DEPOSITOS DE LIQUIDO REFRIGERANTE

Una vez teniendo el tipo de panel se colocan los tanques (son los depósitos del refrigerante frío o caliente), estos para el panel de aluminio serán siempre de plástico; donde son engargolados al panel por medio de las cejas del cabezal como los mostrados en la figura 1.8 y los de latón/cobre pueden ser de tanques de plástico también engargolados o de tanques formados por un proceso de troquelado de latón para ser sueldados a los cabezales con estaño, como en la figura 1.9.

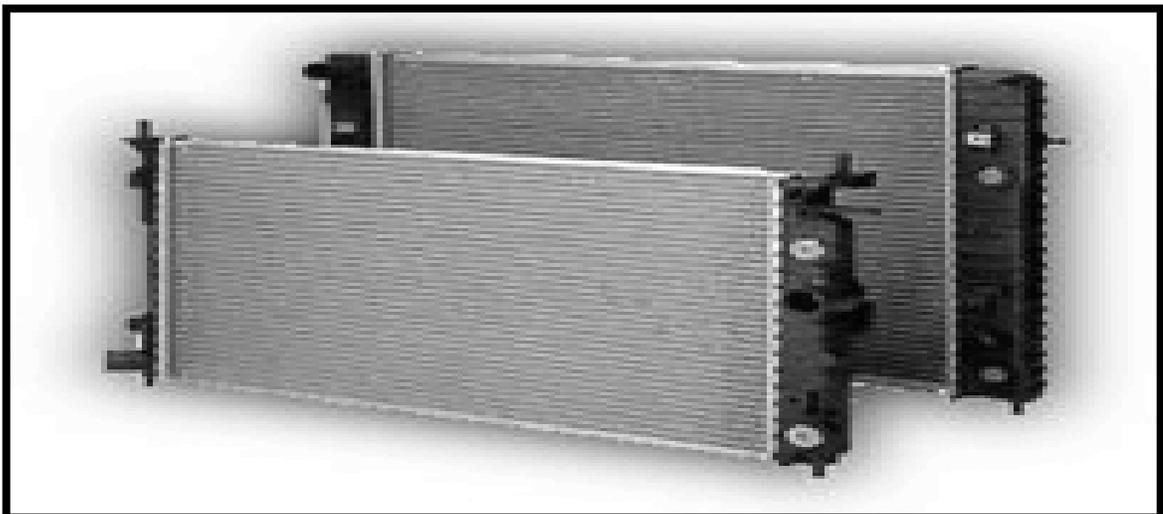


Figura 1.8 Radiadores con tanques de plástico y panel de aluminio

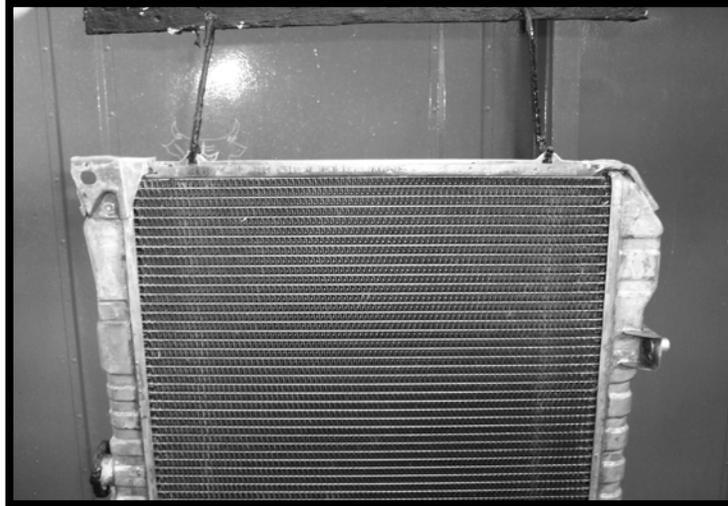


Figura 1.9 Radiador con tanques de latón y panel de cobre

Dependiendo del modelo a fabricar se colocan en los tanques de latón los componentes de fijación y sujeción (figura 1.10) y en los de plástico, al hacer la inyección ya se tienen los componentes mencionados en los molde para que al terminar su proceso ya contengan estos elementos .

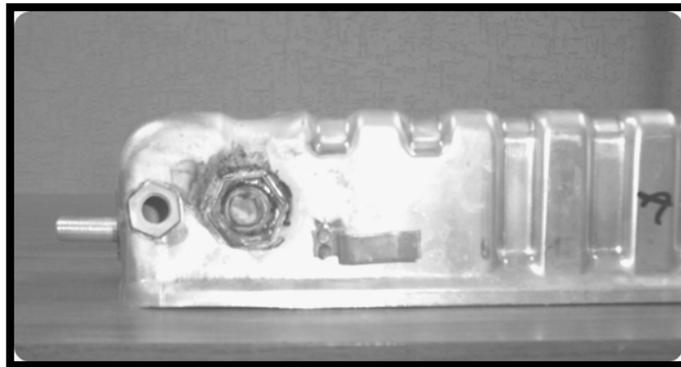


Figura 1.10 Se muestra un componente de fijación en un tanque de latón

### 1.2.5 ANTICONGELANTES

Otro factor de gran importancia es el anticongelante, ya que anteriormente se utilizaba agua, pero causa algunos problemas como el drenado o cuando el motor estaba en estado de estancamiento había posibilidad de que se congelara. Otro factor era que el agua oxidaba el bloque y las culatas de hierro y dicho oxido interfiere el pasos del refrigerante además que el agua se congela a 32 °F (0°C) y hierve a 212 °F (100°C), por esto se le debe de añadir un anticongelante para mejorar estos rangos de temperatura.

La mayor parte de los anticongelantes estaban constituidos por algún tipo de alcohol, siendo el más utilizado el etilenglicol; que posee una capacidad de transferencia de calor solo ligeramente inferior a la del agua y además una mezcla de ambos tiene un punto más alto de ebullición y un punto de congelación más bajo que el agua sola.

En la tabla 1.1 se presentan las propiedades físicas, térmicas y químicas de algunos anticongelantes utilizados en el ramo automotriz.

**TABLA 1.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y TERMICAS DE ALGUNOS REFRIGERANTES**

REFRIGERANTE	FORMULA QUIMICA	PUNTO DE EVAPORIZACION (°F)	PUNTO DE CONGELACIÓN (°F)	TEMPERATURA °F	PRESION psia	GRAVEDAD ESPECIFICA
AMONIACO	NH <sub>3</sub>	-28.0	-107.9	271.4	1657.0	1.12
FREON-12	78.3% F-12 2602%G-100	-28.0	-254.0	221.1	631.0	---
KULENE-131	CF <sub>3</sub> Br	-73.6	-226.0	153.5	587.0	0.19
DIOXIDO DE CARBONO	CO <sub>2</sub>	-109.3	-69.0	87.8	1069.9	0.77
FREON-12 + GENETRON-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-21.6	-252.0	233.6	596.9	0.23
ETILENO	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-155.0	-272.0	48.8	731.8	---
ISOBUTENO	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-10.3	-229.0	272.7	537.0	0.62
METYL CLORIDO	CH <sub>3</sub> CL	-10.8	-114.0	289.4	968.7	0.38
CARRENE-1	CH <sub>3</sub> CL <sub>2</sub>	105.2	-142.0	480.0	670.0	0.33
FREON-12 + GENETRON-141	SO <sub>2</sub>	-41.4	-256.0	204.8	716.0	0.30
AGUA	H <sub>2</sub> O	212	32.0	706.1	3226.0	1.00

### 1.3 CLASIFICACION DE LOS RADIADORES

Los radiadores se clasifican de acuerdo a la dirección que sigue el refrigerante en su interior, en algunos, el refrigerante fluye del depósito superior al depósito inferior y se les denominan radiadores de flujo horizontal; y con del depósito derecho al depósito izquierdo se les denomina de flujo vertical.

Su funcionamiento, por ejemplo, en los de flujo horizontal se tiene un depósito superior o de entrada que recibe el refrigerante caliente del motor cuando está abierto el termostato (también llamado tanque superior de depósito de refrigerante). El refrigerante caliente pasa a través del núcleo, depositándose en el depósito inferior (también llamado tanque inferior de depósito de refrigerante), perdiendo calor a medida que desciende.

El refrigerante puede perderse a causa de la evaporación o por alguna fuga, un tubo de descarga forma parte del cuello de llenado este se abre y se cierra por medio de válvulas situadas en el tapón del radiador, para permitir la despresurización del radiador figura 1.11

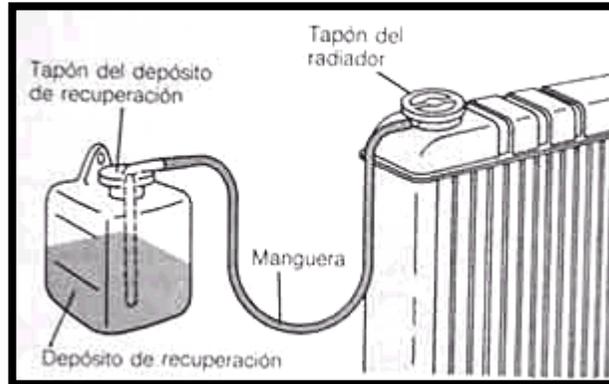


Figura 1.11 Tanque de recuperación

En coches que disponen de cajas de cambios automática, en la parte de salida del líquido refrigerante del radiador; en el interior del depósito se tiene un enfriador de aceite como en la figura 1.12; donde se usa aceite para transmisión, además de una válvula de drenaje situada en la parte de depósito inferior.

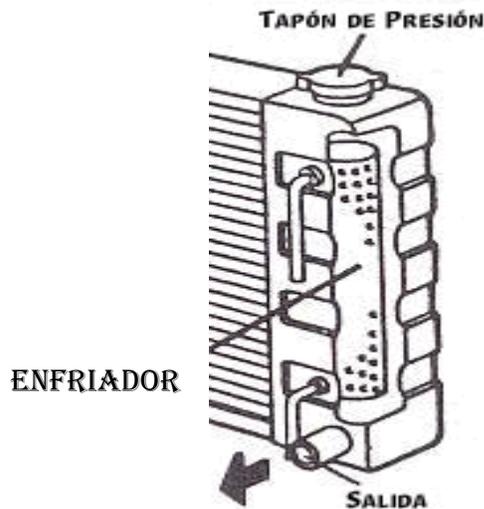


Figura 1.12 Vista del enfriador de aceite

Muchos sistemas de refrigeración disponen de una reserva de refrigerante de plástico translucido o depósito de expansión; este se encuentra parcialmente lleno de refrigerante y va conectado al tubo de descarga del cuello de llenado del radiador. En vez de gotear al suelo por el tubo de descarga y perderse completamente, el refrigerante fluye al depósito de expansión, cuando el motor se enfría se crea un vacío en el sistema de refrigeración; el vacío succiona

parte del refrigerante de nuevo hacia el radiador. De echo, un sistema de refrigeración con un deposito de expansión es un sistema cerrado.

Mientras el refrigerante circula de un lado a otro se expande y se contrae a causa del calor y del enfriamiento, una ventaja de utilizar este deposito de expansión es que elimina casi todas las burbujas de aire del sistema de refrigeración; el refrigerante sin burbujas absorbe mejor el calor que con burbujas.

La mayoría de los radiadores van sellados y presurizados por medio de un tapón de presión del radiador, a medida que el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, crece la presión en el sistema de refrigeración, la presión creciente eleva el punto de ebullición del refrigerante; el tapón del radiador normalmente es de entre 13 a 16 psi de presión.

#### **1.4 COMPONENTES AUXILIARES DE UN RADIADOR**

Entre los componentes auxiliares de un radiador tenemos:

- El tapón del radiador
- Mangueras de conexión
- Bomba de agua
- El ventilador
- El líquido refrigerante
- El termóstato.

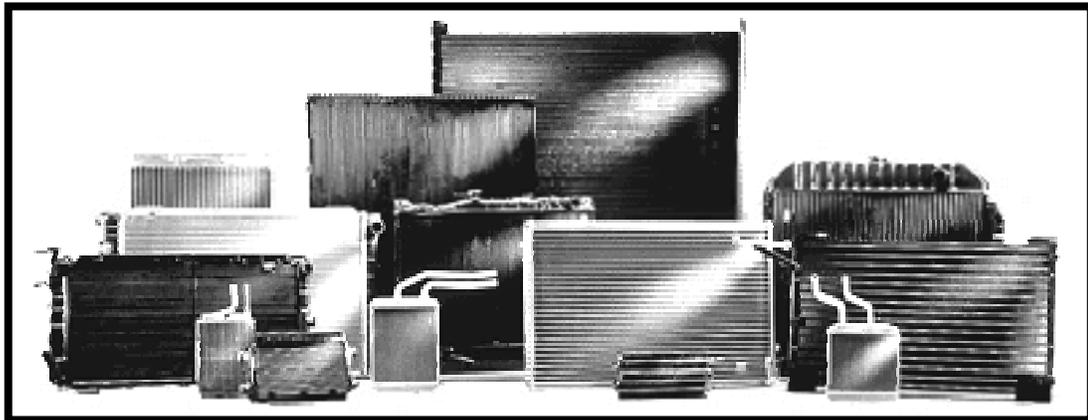


Figura 1.13 Gama de producto para sistemas de enfriamiento (panales y radiadores)

## CAPITULO 2

### MATERIALES USADOS EN LA FABRICACIÓN DE RADIADORES

Se pueden considerar como los principales materiales para la fabricación de los radiadores los siguientes:

- **Cobre** (2.1)
- **Latón** (2.2)
- **Acero** (2.3)
- **Estaño** (2.4)
- **Aluminio** (2.5)
- **Plástico** (2.6)

A continuación y de acuerdo a su grado de importancia se describen cada uno de ellos.

#### 2.1 EL COBRE

El cobre, (figura 2.1) es de gran importancia debido a las siguientes razones:

- Elevada conductividad eléctrica.
- Excelente resistencia a la corrosión.
- Elevada conductividad térmica.
- Facilidad de formar aleaciones como el latón o bronce, que poseen excelentes propiedades.
- Valor de la chatarra de cobre.

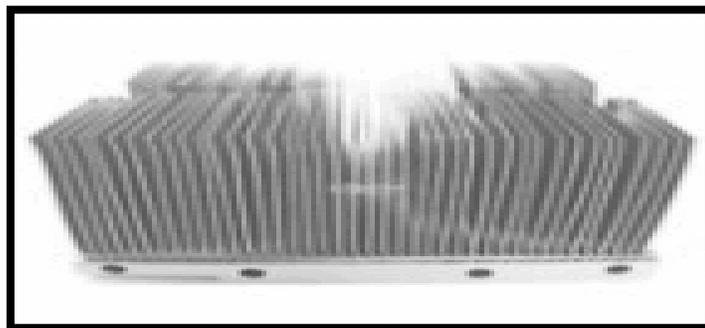


Figura 2.1 Hojas de cobre utilizadas para troquelar aletas para panel

A medida que se mejoraron los conocimientos prácticos y se idearon nuevas herramientas, se adquirió la destreza necesaria para cortarlo, perforarlo y grabarlo, y con ello se extendió su empleo.

El cobre puede endurecerse y reforzarse por el trabajo en frío, por aleación en solución sólida con zinc, estaño, aluminio, silicio, manganeso y níquel. Forman una aleación endurecible por precipitado cuando están presentes pequeñas cantidades de berilio.

El cobre se refina con frecuencia por electrolisis para mejorar su conductividad, o para recuperar cantidades valiosas de metales preciosos. El cobre puro sin aleación se usa para conductores eléctricos en alambre, barras y colectores y por sus propiedades sobresalientes de conductividad eléctrica y de calor, resistencia a la corrosión y facilidad de soldado para tuberías (figura 2.2)

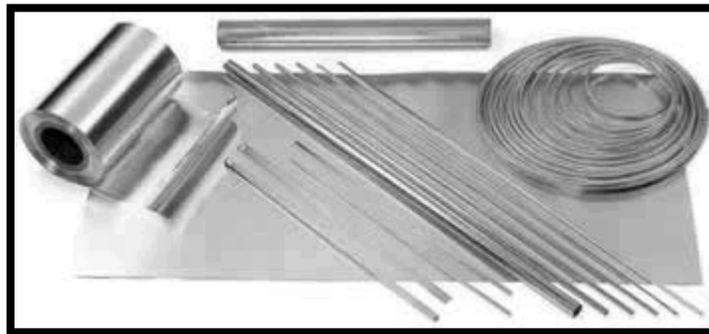


Figura 2.2 Tipos de formas de cobre

El cobre es un elemento relativamente corriente y de amplia distribución.

Las propiedades mecánicas a la temperatura ambiente de las aleaciones de cobre son aproximadamente intermedias entre las aleaciones de aluminio y el acero. Las propiedades a temperatura elevada, aunque superiores a las de las aleaciones de aluminio, no son sobresalientes. Las aleaciones de cobre se conocen por su apariencia atractiva y resistencia a la corrosión, que toma cuenta de su uso en gran escala en donde se va a manejar algún fluido.

En la tabla 2.1 se muestra las propiedades físicas de una aleación de cobre.

**Tabla 2.1 Se muestran las propiedades físicas de una aleación de cobre CI- 2200**

	UNIDADES	CI2200
PUNTO DE FUSION (LIQUIDOS)	°F (°C)	1981 (1083)
PUNTO DE FUSION (SOLIDOS)	°F (°C)	
DENSIDAD (A 20 C)	lb / cu , in	0.323
COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA	Para °F de 68 a 572	$9.8 \times 10^{-6}$
CONDUCTIVIDAD TERMICA	Btu/sq.ft./ft/hr/F to 68 °F	196
TENSIÓN ELECTRICA (RECOCIDO)	Ohms (circ. Mil./ft) to 68 °F	12.2
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (RECOCIDO)	% IACS to 68 °F	85
CAPACIDAD TERMICA (CALOR ESPECIFICO)	Btu/lb / F a 68 °F	0.09
MODULO DE ELASTICIDAD (TENSIÓN)	Ksi	17000
MODULO DE RIGIDEZ	Ksi	6400
TEMPERATURA DE RECOCIDO	°F -° C	700-1200-375-650

## 2.2 LATÓN

El latón es una aleación de cobre-zinc (figura 2.3), donde las propiedades mecánicas a la temperatura ambiente son aproximadamente intermedias entre las de las aleaciones del aluminio y el acero. Las aleaciones de cobre-zinc se denominan latones. El latón fase alfa con zinc hasta el 36% incluye aleaciones dúctiles, fáciles de trabajar como cartuchos de latón para embutido profundo, es mas quebradiza y menos fácil de trabajar en frío pero mas resistente a la corrosión y con mas facilidad de maquinado.



Figura 2.3 Barras de latón

Este da un buen servicio para muchas aplicaciones porque tiene buena conductividad y resistencia al choque a temperaturas normales y bajo costo; tienen la mayor resistencia al desgaste y a la corrosión, pero no se cuelean con frecuencia debido a que su alto punto de fusión es dañino para los dados.

El latón utilizado es fabricado en anchos de 24.0 pulgadas (0.61 metros), aproximadamente una aleación 2600; en particular las aleaciones con el cobre-zinc para formar los latones son de características especiales como conductividad eléctrica y térmica alta, alta resistencia a la corrosión, gran conductibilidad en general y maleabilidad y un color llamativo, su dureza y resistencia de esta aleación no iguala las propiedades de los aceros mas duros pero dependiendo del porcentaje de estos se pueden obtener buenos latones con estas características.

Los contenidos mas comunes están entre 65% de Cu + 35% de Zn y 70% de Cu + 30% de Zn, como el cobre es mas caro que el zinc entre mayor sea el contenido de éste, mas baratos serán los latones (figura 2.4)



Figura 2.4 Composición química del latón y bronce

### 2.2.1 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS LATONES

Los latones cuando están recocidos son dúctiles y resistentes, pero cuando han sido endurecidos por técnicas de trabajo en frío su dureza aumenta significativamente. Estructuras resistentes y rígidas pueden ser ensambladas a partir de secciones extruidas y trefiladas. La resistencia de los latones se mantiene hasta unos 200 °C y se reduce en aproximadamente en un 30% a 300 °C, lo cual los colocan en ventaja con materiales alternativos.

Para aplicaciones que demandan las mas altas resistencias son utilizados los “latones de alta resistencia”. Ellos contienen adiciones de elementos aleantes los cuales mejoran sus propiedades.

### **2.2.2 MAQUINABILIDAD**

A pesar que los latones son intrínsecamente fáciles de maquinar, la adición de pequeñas cantidades de plomo mejora aun mas esta propiedad dando origen a los latones de “fácil maquinado”. Estos son universalmente aceptados como punto de referencia cuando se comparan con distintos materiales en los cuales se discute esta condición. Una velocidad de maquinado junto con un desgaste mas reducido de la herramienta, hacen que los costos de producción sean minimizados; además, permiten que las tolerancias sean mantenidas durante grandes series de producción y el acabado superficie final sea excelente.

### **2.2.3 RESISTENCIA A LA CORROSIÓN**

La exposición atmosférica de los latones da como resultado la formación de una patina superficial muy delgada. En la exposición al aire libre, se forma una patina fina de color verde, la cual es frecuentemente vista como característica visualmente atractiva en los edificios, pero los latones permanecerán sin ser afectados en absoluto por un periodo de tiempo ilimitado. No ocurre lo mismo en el caso del hierro y del acero. El efecto del agua de mar puede ser exitosamente controlada utilizando la aleación correcta, y en ese sentido hay una larga historia en el uso de tubos de latón y accesorios, válvulas, etc. Los latones de alta resistencia que contienen magnesio tienen particularmente una excelente resistencia a la corrosión atmosférica; la exposición continua da como resultado un oscurecimiento de color bronce.

### **2.2.4 CONDUCTIVIDAD**

Los latones tienen una buena conductividad térmica y eléctrica y son marcadamente superiores en este aspecto a las aleaciones ferrosas y a las base níquel y titanio. Su relativamente alta conductividad combinada con su resistencia a la corrosión, los hacen una elección ideal para la manufactura de equipos eléctricos industriales; los tubos de intercambiadores de calor y condensadores también requieren una buena conductividad térmica del cobre y sus aleaciones.

### **2.2.5 RESISTENCIA AL DESGASTE**

La presencia de plomo en los latones tiene un efecto lubricante que da resultado una baja fricción y bajo desgaste. Los latones especiales son adecuados con adiciones de silicio que hacen el material ideal para su uso en varias aplicaciones industriales.

Debido a esto, los latones pueden ser unidos a otra aleación de cobre u otros metales por medio de varios procesos como el remachado, soldadura blanda, soldadura de plata y soldadura por fricción. También pueden ser usadas técnicas con adhesivos especiales.

En la figura 2.5, se muestra una pieza de un radiador que funciona como depósito de líquido refrigerante.



Figura 2.5 Pieza terminada en latón

## **2.3 ACERO**

La utilización de los aceros en los radiadores es muy limitado, debido a que son poco resistentes a la corrosión; debido a esto se usan aceros inoxidable para corregir este defecto.

### **2.3.1 ACERO INOXIDABLE**

Al denominar un acero inoxidable se debe basar en un principio fundamental, al proceso que sufren todos los aceros el cual los hace buenos y es el denominado efecto de corrosión; por lo tanto un acero inoxidable es bueno ante la corrosión debido a los tipos de sus aleaciones siendo los mas comunes las aleaciones con cromo y níquel.

Los aceros inoxidables se pueden dividir en tres grupos principales:

- Ferríticos. La ventaja de este material, en relación con la ferrita no aleada, es su resistencia a la corrosión; por ejemplo el acero 430 se usa trabajado en frío en partes automotrices.
- Martensíticos. A causa del alto contenido de aleantes, estos aceros tienen alta templabilidad y, en algunos casos, solo es necesario enfriarlos en aire para formar martensita, este tipo de aceros son excelentes para matrices.

- Austeníticos. Este acero responde mejor al trabajo en frío, se utiliza en los casos en que habrá soldaduras para evitar combinación del carbono con el cromo, lo cual conduce a una baja resistencia a la corrosión.

Por este motivo, los aceros inoxidable no necesitan ser chapeados, ni pintados, ni de ningún otro tratamiento superficial para mejorar su resistencia a la corrosión. En el acero inoxidable no hay nada que se pueda pelar, ni desgastar, ni saltar y desprenderse.

También los aceros inoxidable se oxidan, pero en vez de óxido común, lo que se forma en la superficie es una delgada película de óxido de cromo muy densa que constituye una coraza contra los ataques de la corrosión. Si se elimina esta película de óxido de cromo que recubre los aceros inoxidable, se vuelve a formar inmediatamente al combinarse el cromo con el oxígeno de la atmósfera circundante.

En la tabla 2.2 se proporcionan las composiciones químicas de las principales familias de aceros inoxidable

**Tabla 2.2 Composición química de los aceros inoxidable .**

Tipo de acero	Composición química
Acero inoxidable	
Austenítico	18 Cr, 8 Ni, balance Fe
Ferrítico	16 Cr, 0.1 C
Martensítico	17 Cr, 1 C
Acero inoxidable endurecido por precipitado	17 Cr, 7 Ni, 1 Al
Acero maraging (martensítico envejecible)	18 Ni, 7 Co
Acero para herramientas	18 W, 4 Cr, 1 V
Acero al manganeso, austenítico	12 Mn

### 2.3.2 CORROSIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Para entender el fenómeno de corrosión se proporcionan solo a detalle los fenómenos más relacionados en los aceros inoxidable. Siendo notables, los que amenazan el éxito del uso de los aceros inoxidable. Estos son: la corrosión intergranular, la corrosión por efecto galvánico y la corrosión por picadura.

### 2.3.2.1 CORROSIÓN INTERGRANULAR

El efecto de los límites de grano es pequeño o sin consecuencia en la mayoría de las aplicaciones de ingeniería. Este tipo de corrosión puede ser causada por impurezas en los límites de grano (figura 2.6), enriquecimiento de uno de los elementos de aleación o agotamiento de uno de estos en las áreas de los límites de grano.

Por ejemplo, la sensibilización del acero inoxidable causada por la exposición prolongada a un intervalo de temperatura de 500 a 800 °C; si existe mucho carbono se formara un carburo en el cual se precipita en el límite de grano, por lo que disminuye el contenido de cromo en las zonas adyacentes, aumentando la forma de corrosión en esas zonas.

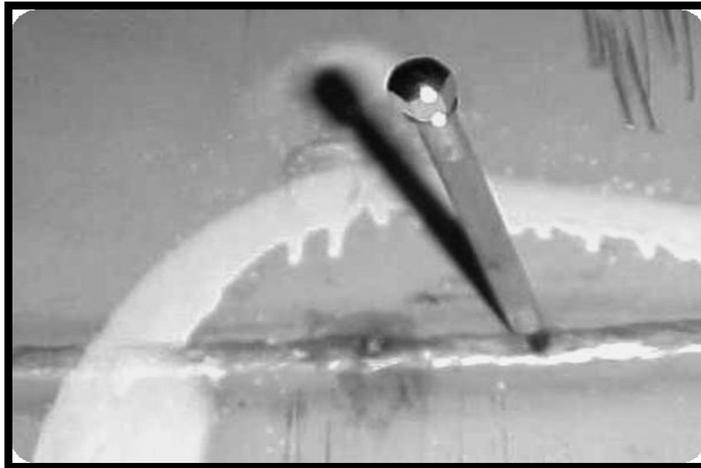


Figura 2. Ampliación de un cordón de soldadura con inicios de corrosión intergranular

### 2.3.2.2 CORROSIÓN GALVÁNICA

Este tipo de corrosión se presenta cuando dos metales distintos se unen o se ponen en contacto en un ambiente corrosivo (figura 2.7) incrementándose de manera importante la velocidad de corrosión en el metal mas reactivo químicamente tomado como base la serie electromotriz o galvánica mostrada en la tabla 2.3.

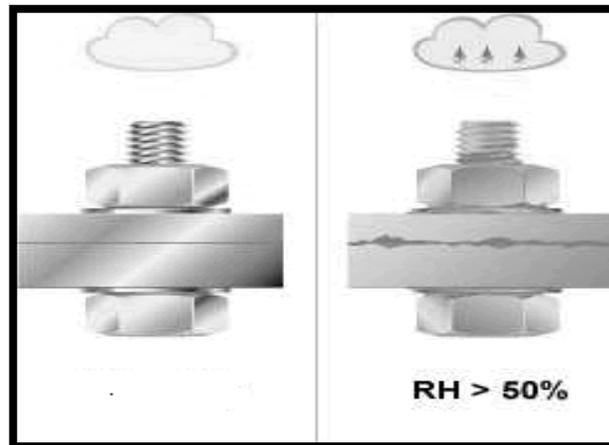


Figura 2.7 Muestra de un material expuesto al agua de lluvia originando una corrosión

**Tabla 2.3 Potenciales estándar oxidación-reducción para reacciones de corrosión.**

	Reacción de corrosión	Potencial voltios vs. Electrodo normal de hidrogeno
M	Au	+ 1.498
A	Pt	+ 1.200
S C	Pd	+ 0.987
A	Ag	+ 0.799
T	2Hg	+ 0.788
O	Fe	+ 0.771
D	4(OH)	+ 0.401
I	Cu	+ 0.337
C	Sn	+ 0.150
O	H <sub>2</sub>	0.000
	Pb	- 0.126
M	Sn	- 0.136
E	Ni	- 0.250
N	Co	- 0.277
O	Cd	- 0.403
S A	Fe	- 0.440
N	Cr	- 0.744
O	Zn	- 0.763
D	Al	- 1.662
I	Mg	- 2.363
C	Na	- 2.714
O	K	- 2.925

### 2.3.2.3 CORROSIÓN POR PICADURA

Esta se debe a las diferencias en concentraciones de iones y de oxígeno en el fondo de una cavidad comparadas con las de la superficie.

Hasta hace poco la formación de un picadura se consideraba simplemente una situación especial de una celda por concentración de oxígeno, pero ello no explicaba la función importante de iones tales como los cloruros.

Una celda por concentración de oxígeno se desarrolla entre la discontinuidad y el material que lo circunda.. La corrosión por picadura sigue los resquicios o grietas (figura 2.8) y estas sirven como un hueco ya listo en el cual la concentración de oxígeno es baja, empieza a penetrar la corrosión y puede llegar a provocar una corrosión mayor en el material.

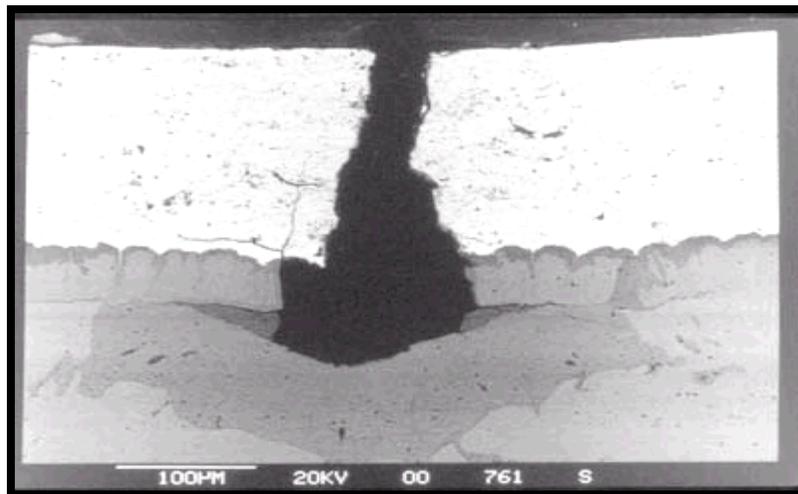


Figura 2.8 Prueba de rayos x a un material donde se muestra la grieta de la corrosión

## 2.4 ESTAÑO

El estaño es muy dúctil y maleable a 100 °C y es atacado por ácidos fuertes. Una de sus aplicaciones es en aleaciones comunes de bronce (estaño y cobre), en la soldadura (estaño y plomo), figura 2.9.



Figura 2.9 Carrete se soldadura de estaño-plomo

El estaño se usa para en el proceso de fabricación de los radiadores, para recubrir los soportes de montaje, unir los laterales de sujeción del mismo o en la unión de las piezas de latón.

Al estaño se le considera como una soldadura blanda, es decir, que se funde a menos de 200 C.

La soldadura de estaño, consiste en unir dos fragmentos de metal por medio de un metal de aportación con el fin de procurar una continuidad eléctrica o térmica entre los metales que se van a unir. Esta unión debe ofrecer la menor resistencia posible al paso de corriente eléctrica o fenómeno térmico. Un factor fundamental es la calidad del estaño; este debe tener una mezcla de 60-40, es decir, una aleación de 60% de estaño y 40n% de plomo; el estaño puro funde a 232 °C y el plomo puro funde a 327 °C; sin embargo una aleación de estos dos metales funde a una temperatura mucho menor, concretamente la porción citada 60-40 funde a una temperatura de 190 °C. Otro agente de primordial importancia es la limpieza: para realizar una buena soldadura, los metales que se van a soldar deberán estar totalmente limpios de suciedad, grasa, oxido, etc. En la tabla 2.4 se muestra una lista de soldaduras mas comunes.

**Tabla 2.4 Temperaturas de solidificación y fundición de algunas soldaduras de estaño**

COMPOSICIÓN (%) EN PESO		TEMPERATURA °C		TEMPERATURA °F		RANGO PASTOSO °C °F	
ESTAÑO	PLOMO	SOLIDUS	LIQUIDUS	SOLIDUS	LIQUIDUS	C	F
2	98	316	322	601	611	6	10
5	95	308	312	586	394	4	8
10	90	268	302	514	576	34	62
15	85	225	290	437	554	65	117
20	80	183	277	361	531	94	170
25	75	183	266	361	511	83	150
30	70	183	255	361	491	72	130
35	65	183	247	361	447	64	86
40	60	183	238	361	460	55	99
45	55	183	227	361	441	44	80
50	50	183	216	361	421	33	60

Las aleaciones estaño-plomo son las mas ampliamente usadas para unir los metales utilizados en la producción de radiadores. A continuación se muestran las mas usadas:

- Sn2/Pb98. Esta aleación se utiliza para soldar el núcleo del radiado.
- Sn5/Pb95. Esta aleación se usa para recubrimientos y unión de metales, y donde las conexiones soldadas sean expuestas a altas temperaturas de operación mayores de 204 °C (400 °F). Esta aleación minimiza la separación de la plata de las superficies cubiertas con aleaciones de plata.
- Sn40/Pb60. Esta aleación se usa frecuentemente en baños de inmersión y como una soldadura con acción de limpiar uniones de conexiones.

## 2.5 ALUMINIO

Este en su forma pura se conoce por su excelente conductividad eléctrica y térmica, resistencia a la corrosión, no es toxico, tiene alta reflectividad de luz, bajo peso especifico, suavidad y ductilidad; tiene una elevada proporción resistencia-peso.

Debido a su poco peso, a que se moldea fácilmente y es reciclable, teniendo una alta resistencia a la corrosión.

El aluminio es más barato que el cobre, y puesto que el peso especifico del aluminio es solo 2.7 en comparación con 8.9 de la del cobre, son obvias las ventajas del aluminio; pero una limitación importante del aluminio es la dificultad para soldarlo o unirlo.

Pero actualmente este problema se ha solucionado por el revestimiento químico del aluminio con estaño, seguido por recubrimiento electrolítico con otros metales si es necesario. Debido a la buena conductividad térmica del aluminio ha llevado a su aplicación como material para aletas de radiadores y también por su suavidad y ductilidad, junto con su resistencia a la corrosión y su naturaleza no toxica, han resultado también en uso como material en hojas.

Las hojas de aluminio (figura 2.10), son producto de sección rectangular de 0.15 mm hasta 6.30 mm; estas se emplean para la fabricación de las aletas de aluminio.

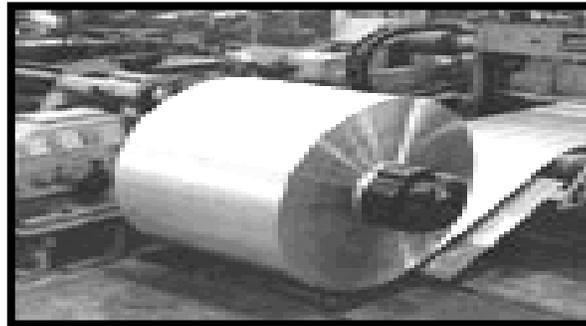


Figura 2.10 Rollo de aluminio

Para su selección se utilizan las normas, (ASD) Datos y estándares del aluminio, La Asociación del aluminio y la ASTM B-209 y sus principales características son:

Características relevantes:

- Alta resistencia a la corrosión.
- Alta ductilidad en temple suave.
- Alta formabilidad.
- Alta reflectividad.
- Alta conductividad eléctrica.
- Alta conductividad térmica.

En la tabla 2.5 se presentan las principales propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio.

**Tabla 2.5 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio**

ALEACION	TEMPLE		RESISTENCIA A LA TENSIÓN  (Kg / mm <sup>2</sup> )		LIMITE ELÁSTICO  (Kg / mm <sup>2</sup> )		% DE ELEONGACION	
							ESPESOR ESPECIFICADO (mm)	
1145								
	H12	8.2	11.7	-			3	5
1350	H14	9.7	13.3	-	1	2		3
	H16	11.2	14.8	-	1	2		3
	H18	12.7	-	-	1	1		2
1060	0	5.6	9.7	1.5	15	18		23
1070	H12	7.6	11.2	6.1			6	7
	H14	8.7	12.2	7.1	1	2		6
	H16	9.7	13.3	7.6	1	2		4
	H18	11.2	-	8.7	1	2		3
	F	7.2		-				
1100	0	7.6	10.7	2.5	15	17		
	H12	9.7	13.3	7.6			3	5
	H14	11.2	14.8	9.7	1	2		3
	H16	13.3	16.8	11.7	1	2		3
	H18	15.3	-	-	1	1		2
	H19	16.9	-	-	1			
	F	10.0	-	-				
	0	9.7	13.3	3.6	14	20		22
	H12	12.2	16.3	8.7				4
	H14	14.3	18.4	11.7	1			3
	H16	16.8	20.9	14.8	1			3
	H18	18.9	-	16.8	1			2
	H19	20.4	-	16.5	1	16		
	0	9.8	14.8	2.51				19
	H12	13.3	18.4	10.7			1	2
	H14	15.3	20.4	12.7		1		2
	H16	17.3	22.4	14.5		1		1
	H18	19.4	-	16.8		1		1

## 2.6 EL PLÁSTICO

Plásticos, materiales orgánicos (compuestos formados por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno.

El plástico ha tenido a las últimas fechas una gran evolución ya que son de peso ligero; la mayoría pesan menos que el magnesio, tienen una gravedad específica de 1.4; además, son buenos aisladores del calor y algunos soportan la intemperie y son muy resistentes a la corrosión y el ataque químico. Su principal ventaja estructural es una relación alta de resistencia a peso.

La resistencia a la tensión de algunos es solo 7 MPa (1000 psi) aproximadamente; la mayoría varían de 35 a 140 MPa, pero algunos plásticos reforzados pueden llegar hasta 3 GPa.

Sin embargo; La mayoría de las propiedades mecánicas de los plásticos son inferiores a las de los metales.

De los procesos de obtención del plástico, el mas usado es el de obtención por moldeo de inyección, el polímero se alimenta en un compartimiento de inyección caliente, se funde y se empuja por medio de un pistón en la cavidad del molde. Debido a la cavidad del molde se cierra antes de la inyección, se obtiene una excelente exactitud.

Los plásticos se afectan lentamente por la atmósfera a sufrir una degradación y, particularmente, por la luz solar. Cuando en un plástico su enlace de oxígeno es cruzado tiende a perder el plastificante; esto conduce al agrietamiento por esfuerzo, o al microagrietamiento superficial.

Los plásticos también demuestran una enorme variación en su resistencia a las sustancias químicas. La mayoría de ellos son resistentes a los ácidos débiles ya los álcalis.

En los radiadores los depósitos del refrigerante son de plástico obtenido por inyección; por lo tanto en el proceso de fabricación del radiador estos depósitos (llamados tanques de depósito de líquido refrigerante) son ajenos al proceso porque se adquieren como una compra o accesorio para su fabricación.

## CAPITULO 3

### PROCESOS DE MANUFACTURA

Inicialmente se proporcionan algunas definiciones importantes:

Proceso.- Proceso es el conjunto de actividades relacionadas y ordenadas con las que se consigue un objetivo determinado. (\*)

Un ingeniero involucrado en los procesos debe considerar como herramientas las actividades siguientes:

- El diseño y definición de planes, programas y proyectos
- El diseño, integración, organización, dirección y control de sistemas
- La optimización del trabajo
- La evaluación de resultados
- Establecimientos de normas de calidad
- El aumento y control de la eficiencia
- Etc.

Manufactura.- Conjunto de actividades organizadas y programadas para la transformación de materiales, objetos o servicios en artículos o servicios útiles para la sociedad. (\*)

(\*) *ref. bibliografica. [www.procesosde manufactura.itesm.com](http://www.procesosde manufactura.itesm.com)*

### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

De manera general los procesos de manufactura se clasifican en cinco grupos los cuales se describen en la tabla 3.1

**Tabla 3.1 Clasificación de los procesos de manufactura**

Proceso de conformado de materiales (Conformado de materiales)	<ul style="list-style-type: none"><li>●Metalurgia extractiva</li><li>●Fundición</li><li>●Formado en frío y caliente</li><li>●Metalurgia de polvos</li><li>●Moldeo de plástico</li></ul>
Procesos que provoquen desprendimiento de viruta por medio de máquinas	<ul style="list-style-type: none"><li>●Métodos de maquinado convencionales</li><li>●Métodos de maquinado especial (CAD/CAM)</li></ul>

Procesos que cambian las superficies (Rectificado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Con desprendimiento de viruta</li> <li>•Por pulido</li> <li>•Por recubrimiento</li> </ul>
Procesos para el ensamblado de materiales (Soldaduras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Uniones permanentes</li> <li>•Uniones temporales</li> </ul>
Procesos para cambiar las propiedades mecánicas (Tratamiento térmico)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Temple de piezas</li> <li>•Temple superficial</li> </ul>

Para que estos procesos sean de utilidad se deben considerar los siguientes factores:

- Criterios para la producción económica con finalidad de beneficio económico, tabla 3.2.
- Criterios de producción económica con finalidad de efectividad, tabla 3.3..

**Tabla 3.2 Criterios de producción beneficio**

Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aceptables</li> <li>•Competitivos</li> </ul>
Rentabilidad	Ganancias superiores a las que proporciona el banco
Calidad	Solo la necesaria (no inversiones que no sean necesarias)

**Tabla 3.3 Criterios de producción efectivos**

Proyecto	Diseños funcionales que permitan la manufactura calculada y controlada.
Materiales	Selección de los materiales adecuados y económicamente aceptables.
Procesos de manufactura	Sistemas para la transformación de los materiales con la calidad adecuada, considerando las necesidades del cliente, de manera eficiente y económica.
Factor humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Motivación</li> <li>•Trato</li> <li>•Facilidad</li> <li>•Capacitación</li> <li>•Seguridad</li> </ul>

Proceso administrativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Planeación</li> <li>•Integración</li> <li>•Organización</li> <li>•Dirección</li> <li>•Control</li> </ul>
------------------------	--

### 3.2 DIAGRAMAS DE PROCESOS DE MANUFACTURA

Para el mejor entendimiento de los procesos de manufactura es necesario el uso de diagramas que permitan la fácil identificación de actividades y sus relaciones con otras actividades (figura 3.1); por lo que algunas de las características de los ingenieros y los sistemas son:

- Tienen claros sus objetivos
- Aplican de manera efectiva el proceso administrativo

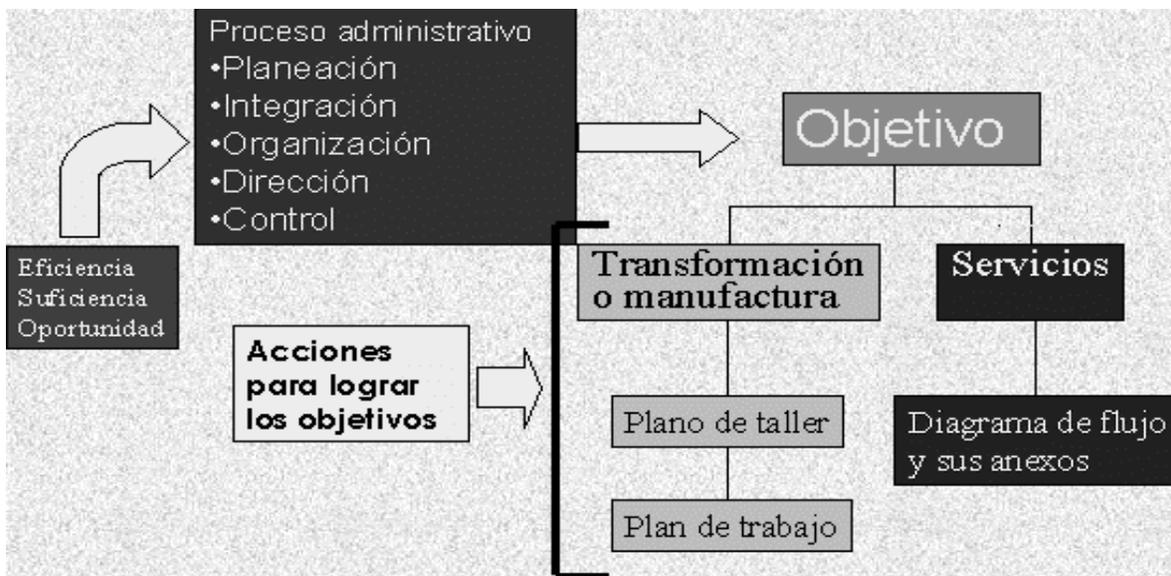


Figura 3.1 Diagrama de un proceso de manufactura

### 3.3 NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Los materiales se clasifican en:

- a) Metálicos (figura 3.2) (\*)
  - Ferrosos
  - No ferrosos



Figura 3.2 Materiales metálicos

b) No metálicos (figura 3.3) (\*)

- Orgánicos
- Inorgánicos



Figura 3.3 Materiales no metálicos

a.1 Materiales metálicos ferrosos (\*)

Los aleaciones ferrosas como su nombre lo indica su principal componente es el hierro, sus características principales son su gran resistencia a la tensión y dureza. Las principales aleaciones se logran con la combinación del cromo, níquel, molibdeno, manganeso, vanadio y titanio.

(\*) *ref. bibliografica. [www.procesosde manufactura\itesm.com](http://www.procesosde manufactura\itesm.com)*

Los principales productos representantes de las aleaciones ferrosas son:

- Fundición de hierro gris
- Hierro maleable
- Aceros
- Fundición de hierro blanco

Su temperatura de fusión va desde los 1360 °C hasta los 1425 °C .

#### a.2 Materiales metálicos no ferrosos. (\*)

Los metales no ferrosos tiene menor resistencia a la tensión y dureza que los ferrosos, sin embargo su resistencia a la corrosión es superior. Su costo es alto en comparación a los ferrosos pero con el aumento de su demanda y las nuevas técnicas de extracción y refinamiento se han logrado abatir los costos, con lo que su competitividad ha crecido.

*(\*) ref. bibliografica. [www.procesosde manufactura.itesm.com](http://www.procesosde manufactura.itesm.com)*

Los principales metales no ferrosos utilizados en la manufactura son:

- Aluminio
- Cobre
- Magnesio
- Níquel
- Plomo
- Titanio
- Zinc

Este tipo de metales son utilizados en la manufactura como elementos complementarios, también son útiles como materiales puros o aleados los que por sus propiedades físicas y de mecánicas cubren determinadas exigencias (tabla 3.4) por ejemplo del bronce y el latón

**Tabla 3.4 Propiedades aproximadas de algunos metales**

Metal	Resistencia a la tensión (Mpa)	Elongación (%)	Punto de fusión °C	Dureza Brinell
Ferrosos				
Fundición hierro gris	110-207	0-1	1370	100-150
Hierro maleable	276-345	1-20	1360	100-145
Acero	276-2070	15-22	1425	110-500
Fundición hierro blanco	310	0-1	1370	450
Hierro forjado	242-324	30-35	1540	90-110
No ferrosos				
Aluminio	83-310	10-35	660	30-100
Cobre	345-689	5-50	1080	50-100
Magnesio	83-345	9-15	650	30-60
Níquel	414-1103	15-40	1450	90-250
Plomo	18-23	25-40	325	32-4.5
Titanio	552-1034		1800	158-266
Fundición zinc	48-90	2-10	785	80-100

b) Materiales no metálicos.- Estos se subdividen en: (\*)

- a. Materiales de origen orgánico
- b. Materiales de origen inorgánico

(\*) ref. bibliográfica. [www.procesosde manufactura.itesm.com](http://www.procesosde manufactura.itesm.com)

**Tabla 3.5 Algunos materiales no metálicos**

a) Inorgánicos	b) Orgánicos
Minerales	Plásticos
Cemento	Productos de petróleo
Cerámica	Madera
Vidrio	Papel
Grafito	Hule

### 3.4 CURVA TIEMPO-TEMPERATURA DE LOS METALES

El diagrama de la figura 3.4 muestra que los metales puros solidifican a temperatura constante; por lo tanto, una aleación forma lo que se le llama una solución sólida; esto es, un sólido que es en efecto una solución de dos o mas materiales.

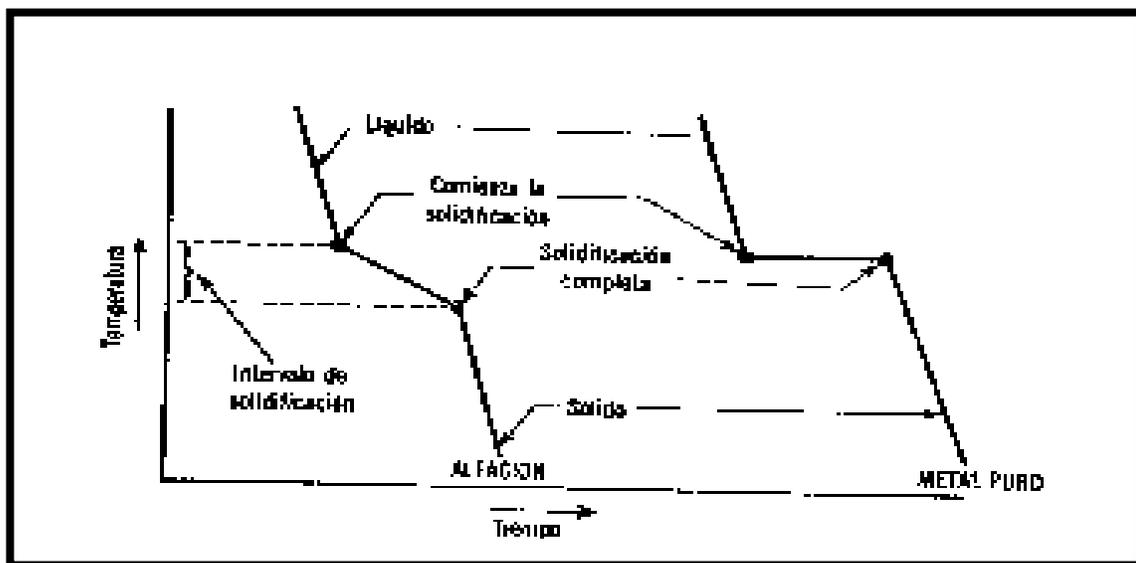


Figura 3.4 Curva tiempo-temperatura durante la solidificación de una aleación pura

Existen muchos tipos de diagramas de equilibrio, dependiendo de las aleaciones involucradas, en la figura 3.5 se muestra la curva de equilibrio para una aleación de cobre-níquel .

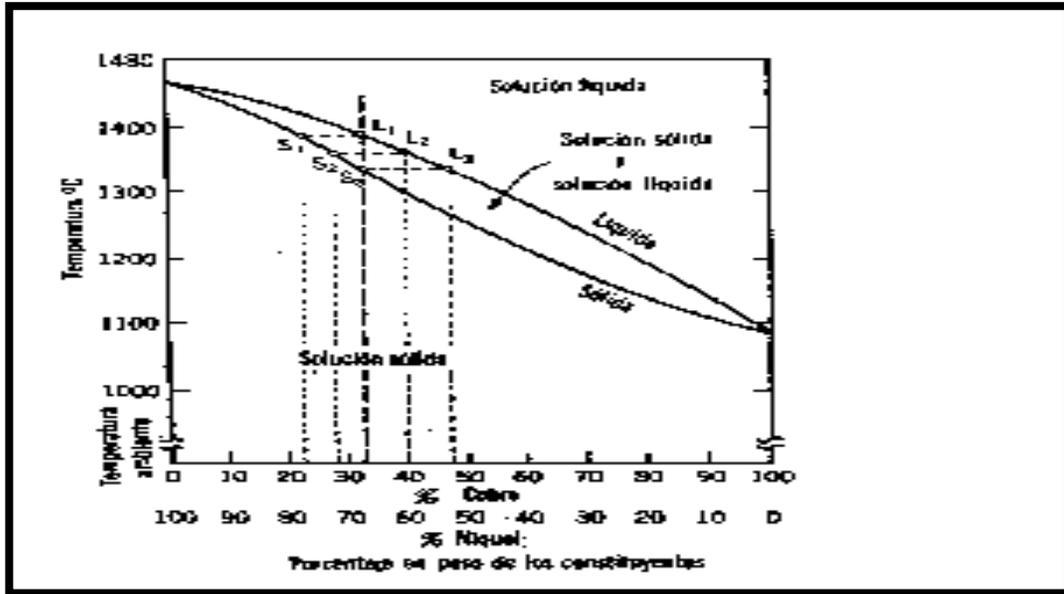


Figura 3.5 Curva de equilibrio aleación cobre-níquel

Este tipo de diagrama permite al ingeniero determinar los constituyentes de la aleación, así como algunas otras propiedades de solución sólida restante.

La figura 3.6 muestra la curva de las propiedades físicas y mecánicas de las aleaciones cobre-níquel, con respecto al contenido de los dos metales.

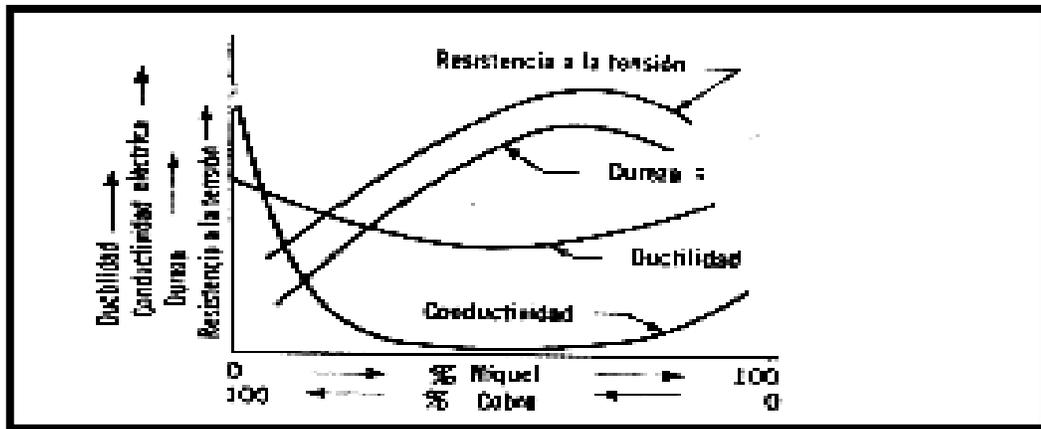


Figura 3.6 Curva de propiedades físicas/mecánicas de aleaciones cobre-níquel

### 3.5 PROPIEDADES DE LOS METALES

Las principales propiedades de los materiales incluyen densidad, presión de vapor, expansión térmica, conductividad térmica, propiedades eléctricas y magnéticas, así como las propiedades de ingeniería.

En los procesos de manufactura son de gran importancia las propiedades de ingeniería, de las que destacan las siguientes:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia a la compresión
- Ductilidad
- Prueba de impacto
- Dureza

En los diagramas mostrados en la figura 3.10 se pueden visualizar algunos de los procedimientos comunes para aplicar las pruebas de resistencia al corte, la compresión, la fatiga, o durabilidad, el impacto, la torsión y de dureza

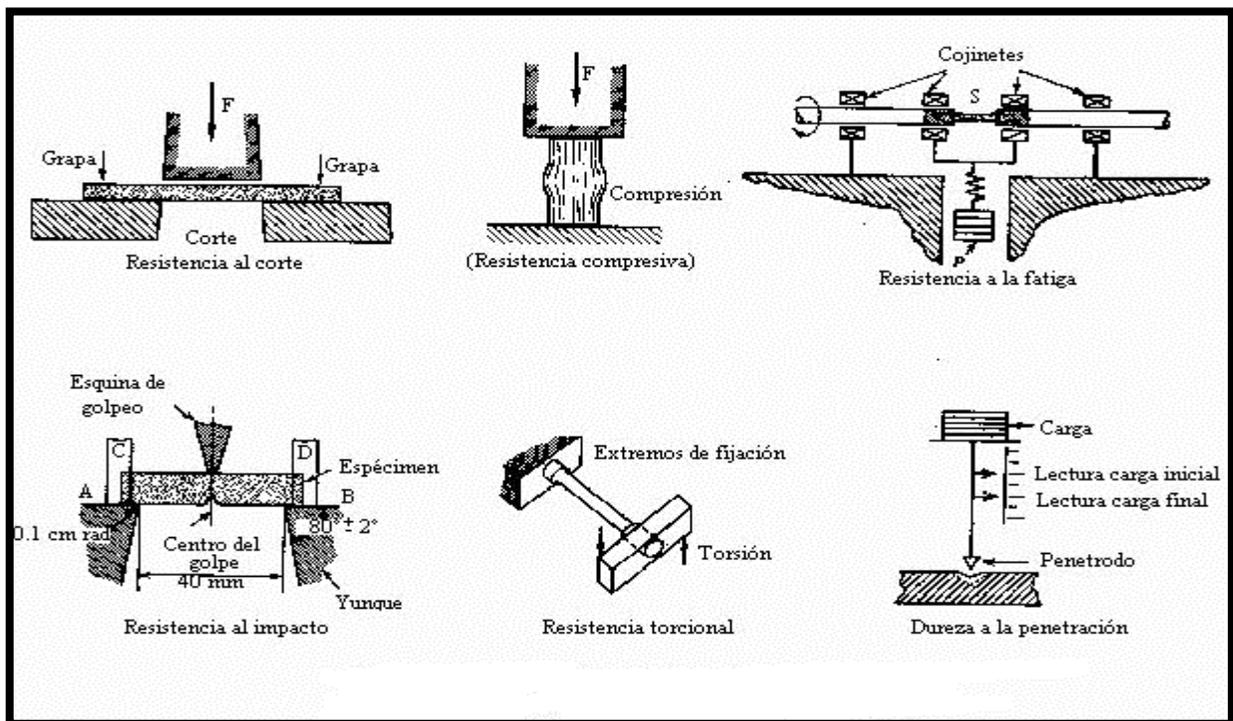


Figura 3.10 Representaciones de los métodos usados para determinar ciertas propiedades de los materiales en ingeniería.

Resistencia a la tensión: La resistencia a la tensión es determinada por estirado de los extremos de una probeta cuando está estirada hasta fallar, la sección de diámetro pequeño o garganta al centro de una área  $A$  a una área  $A_1$ , y la longitud media se incrementa de  $L$  a  $L_1$ .

Generalmente en ingeniería, el área  $A$  es usada en todo el proceso de calculo, porque  $A_1$  es difícil de medir. Figura 3.7.

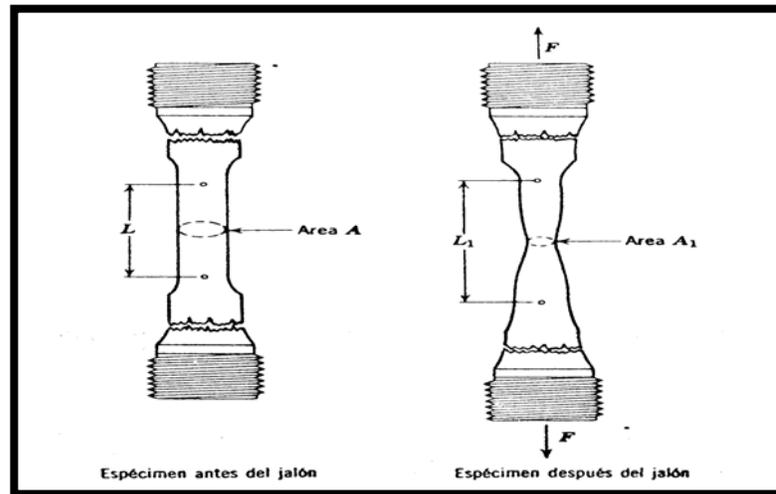


Figura 3.7 Probeta de prueba a la tensión

La carga aplicada tiene como principales efectos el esfuerzo y la deformación que se pueden calcular con ayuda de las siguiente ecuaciones:

$$\text{esfuerzo} = \frac{\text{fuerza}}{\text{area..}A}$$

y

$$\text{deformación} = \frac{L_1 - L}{L}$$

A partir de los datos recolectados puede trazarse el diagrama esfuerzo-deformación (figura 3.8) de ingeniería; Aunque tales curvas difieren con materiales y tratamientos térmicos, el resultado generalmente describe una curva como las que se muestran en la figura 3.8 .

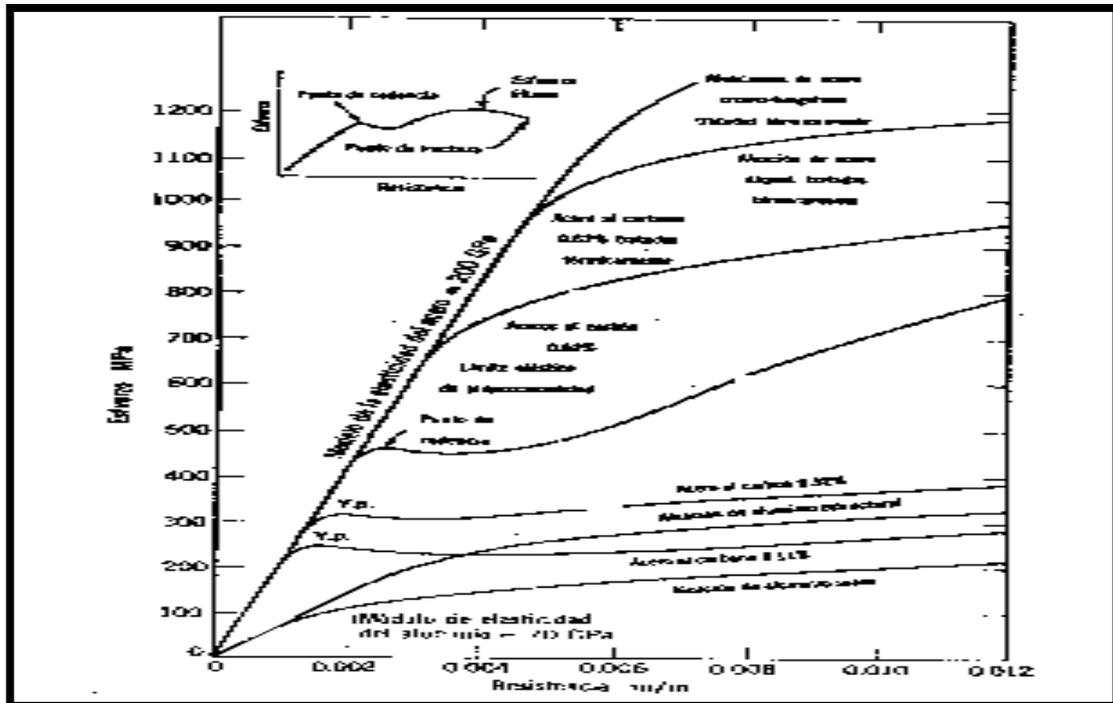


Figura 3.8 Curva esfuerzo-resistencia para varios materiales

Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión esta fácilmente determinada para materiales quebradizos que pueden fracturarse cuando una carga suficiente es aplicada, pero para materiales dúctiles una resistencia a la compresión es valida solo cuando la cantidad de deformación es especifica.

Ductilidad: La ductilidad es una propiedad que permite a un material a ser doblado, estirado, ensanchado, formado, o permanentemente distorsionado sin ruptura. Un material que tiene alta ductilidad no puede ser quebradizo o muy duro. Los materiales duros, en el otro sentido, son usualmente quebradizos y carecen de ductilidad. La prueba de tensión puede utilizarse como una medición de la ductilidad por calculo del porcentaje de elongación de la probeta fracturada.

Entonces:

$$\% \epsilon = \frac{L_f - L}{L} \times 100$$

donde:

L = longitud inicial

Lf = longitud final

%  $\varepsilon$  = porcentaje de elongación

Resistencia al impacto: La prueba de impacto se realiza para determinar la resistencia al impacto del metal, comúnmente llamada prueba de Charpy, figura 3.9.

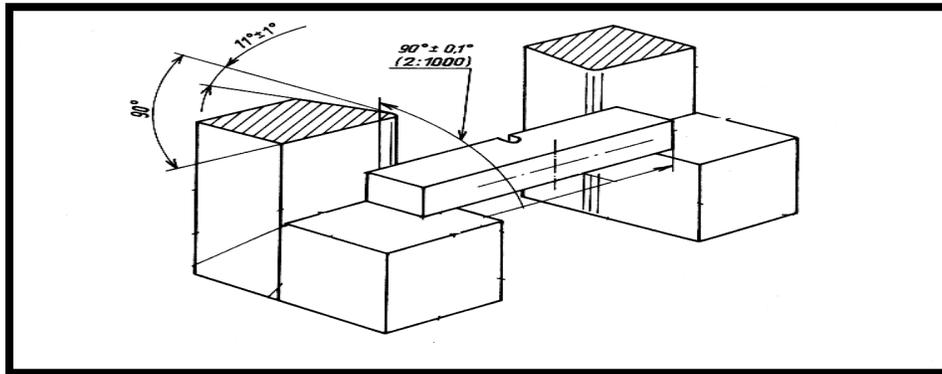


Figura 3.9 Aplicación de la prueba de Charpy

En el punto de cedencia de los metales puede usarse en diseño de partes que pueden estar sometidas a una carga estática, pero para cargas cíclicas o repetidas, se utiliza la duración o resistencia a la fatiga.

Dureza: Por lo regular se obtiene por medio de la resistencia a la penetración, la cual consiste en medir la marca producida por un penetrador con características perfectamente definidas y una carga también definida; entre mas profunda es la marca generada por el penetrador de menor dureza es el material.

Existen varias escalas de dureza, estas dependen del tipo de penetradores que se utilizan y las normas que se apliquen. Las principales pruebas de dureza son la Rockwell, Brinell y Vickers.

De los procesos de manufactura se pueden citar aquellos procesos que intervienen en la fabricación de radiadores, siendo los mas importantes los siguientes:

- Proceso de troquelado de partes.
- Proceso de abrillantado
- Procesos de aplicación de soldadura por resistencia de puntos y proceso MIG.
- Proceso con soldadura autógena.
- Proceso por soldadura suave.
- Proceso de trabajo con plástico

## **CAPITULO 4**

### **PROCESOS DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES DEL RADIADOR (TROQUELADO DE PARTES POR MEDIO DE PRENSAS HIDRÁULICAS, NEUMÁTICAS, MAQUINAS DE CNC, ETC.)**

Se define el termino estampado como aquel conjunto de operaciones con las cuales, sin producir virutas, por medio de una estampa en frío se obtiene una pieza; poseyendo forma geométrica propia, sea esta plana o hueca. La realización practica de estas operaciones se logra mediante dispositivos especiales llamados matrices o estampas. Las operaciones del proceso de estampado de la chapa generalmente se subdividen en:

- a) Cortar
- b) Doblar y curvar
- c) Embutir

Las operaciones mencionadas generalmente se hacen en frío Estas se realizan con matrices montadas en maquinas dotadas de movimiento rectilíneo alternativo

Para obtener una pieza acabada de chapa, a veces basta con recurrir a una sola; pero no siempre es posible alcanzar este objetivo con una sola fase de trabajo; porque frecuentemente y según los casos se impone la necesidad de recurrir por lo menos a dos de las fases, a saber:

- a) Cortar-doblar o curvar
- b) Cortar-embutir

#### **4.1 OPERACIONES DE TRABAJO EN FRÍO**

Las operaciones de trabajo en frío son muchas y muy variadas, se presentan las mas importantes en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Operaciones para el trabajo en frío**

<p><b>1. Estirado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Barras</li> <li>b) Tubos</li> <li>c) Repujado</li> <li>d) Alambre</li> <li>e) Rechazado de metal</li> <li>f) Rechazado de cizallado</li> <li>g) Formado por estirado</li> <li>h) Formado por embutido</li> </ul>	<p><b>2. Compresión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Acuñado</li> <li>b) Laminado en frío</li> <li>c) Calibrado</li> <li>d) Formado</li> <li>e) Interformado</li> <li>f) Roscado laminado</li> <li>g) Remachado</li> <li>h) Estacado</li> </ul>
<p><b>3. Doblado angular</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Doblado</li> <li>b) Formado por rolado</li> <li>c) Doblado de placa</li> <li>d) Rebordeado</li> <li>e) Engargolado</li> </ul>	<p><b>4. Cizallado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Troquelado</li> <li>b) Punzonado</li> <li>c) Corte</li> <li>d) Recorte</li> <li>e) Perforado</li> <li>f) Escopleado</li> <li>g) Ranurado</li> <li>h) Lancetado</li> <li>i) Cepillado</li> </ul>
<p><b>5. Alta relación de energía</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Explosión</li> <li>b) Electrohidráulica</li> <li>c) Magnética</li> </ul>	<p><b>6. Embutido</b></p>
<p><b>7. Extruido</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) En frío</li> <li>b) Por impacto</li> </ul>	<p><b>8. Granallado</b></p>

#### **4.2 TRABAJO EN PRENSA**

La maquina utilizada para la mayoría de las operaciones de trabajo en frío algunos en caliente, se conoce como prensa. Consiste de un bastidor que sostiene una bancada y un ariete, una fuente de potencia y un mecanismo para mover el ariete linealmente y en ángulos rectos con numerosos diseños del equipo de prensa.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que se necesita para una carrera del ariete, mas el tiempo necesario para alimentar el material.

En la figura 4.1 se muestra una secuencia de operaciones de trabajo en prensa, en la figura 4.1 (a) se muestra una prensa hidráulica puesta a punto para realizar el troquelado de las aletas para

panal tipo plana, en la figura 4.1 (b) se observa como se va formando la aleta y en la figura 4.1 (c) se muestra una aleta plana terminada.

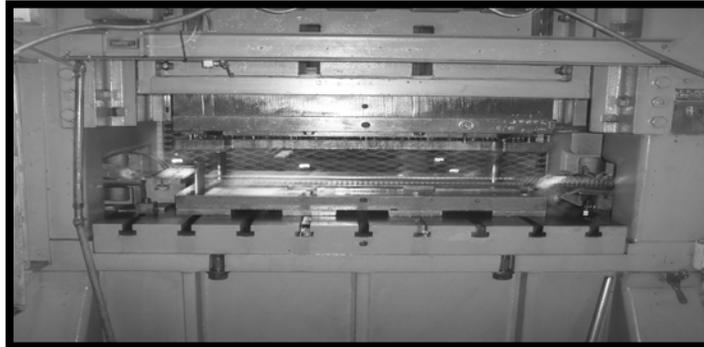


Figura 4.1 (a)

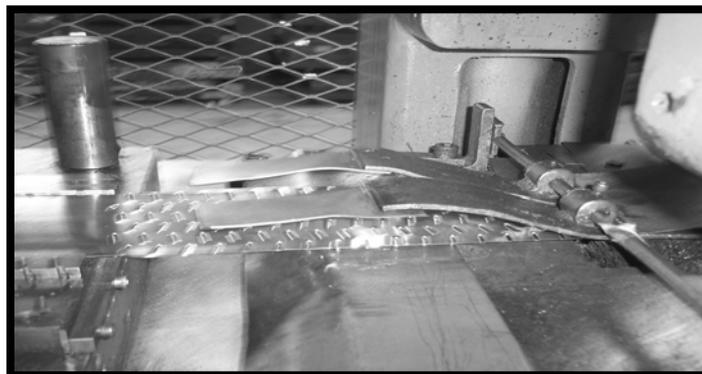


Figura 4.1 (b)

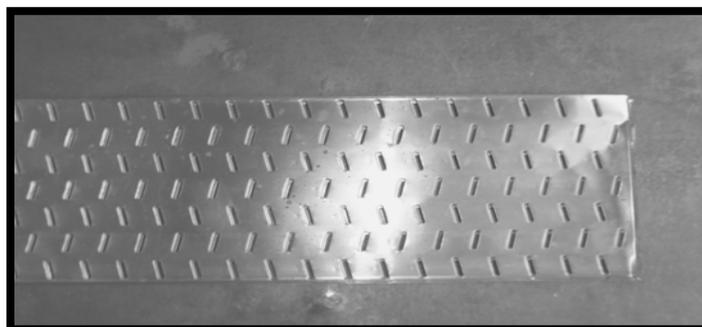


Figura 4.1 (c)

Figura 4.1 Secuencia de operación de un trabajo en prensa

#### 4.2.1 TIPOS DE PRENSAS

No es muy correcto llamar dobladora, prensa de repujado o prensa cortadora, entre otras, pues los tres tipos de operaciones se pueden hacer en un maquina.

A algunas prensas diseñadas específicamente para un tipo de operación, se le puede conocer por el nombre de la operación como por ejemplo prensa punzonadora o prensa acuñadora.

La clasificación esta relacionada con la fuente de energía, ya sea operada manualmente o con potencia; otra forma de clasificar a las prensas puede ser en función del numero de arietes o los métodos para accionarlos. En la tabla 4.2 se da una descripción de los principales tipos de prensas.

**Tabla 4.2 Tipos de prensas mas comunes**

<p>A. Fuente de energía</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manual</li> <li>2. Potencia</li> </ol>	<p>D. Método de aplicación de potencia de ariete</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manivela</li> <li>2. Leva</li> <li>3. Excéntrica</li> <li>4. Tornillo de potencia</li> <li>5. Cremallera y piñón</li> <li>6. Junta articulada</li> <li>7. Hidráulica</li> <li>8. Palanca acodillada</li> <li>9. Neumática</li> </ol>
<p>B. Ariete</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vertical de simple efecto</li> <li>2. Vertical de doble efecto</li> <li>3. En cuatro correderas</li> <li>4. De configuración especial</li> </ol>	<p>E. Propósito de la prensa</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cizallas de escuadra</li> <li>2. Cizallas de círculos</li> <li>3. Dobladora</li> <li>4. Punzonado</li> <li>5. Extruido</li> <li>6. Empalmado</li> <li>7. Enderezado</li> <li>8. Forzado</li> <li>9. Acuñado</li> <li>10. De transferencia</li> <li>11. Roedora</li> <li>12. Estirado</li> <li>13. Revolver</li> <li>14. Forja</li> </ol>
<p>C. Diseño del bastidor</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. De banco</li> <li>2. Inclinable</li> <li>3. De escote</li> <li>4. De puente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. De costados rectos</li> <li>6. Yunque</li> <li>7. Columna</li> </ol>

A continuación se describen los tipos de prensas utilizadas en la fabricación de los componentes del radiador.

#### **4.2.1.1 PRENSA DE ESCOTE**

Se denominan así debido a la disposición de la abertura del bastidor de la prensa; las prensas de escote proporcionan un excelente espacio libre alrededor de las matrices y permiten usar la prensa para piezas largas y anchas, figura 4.2.

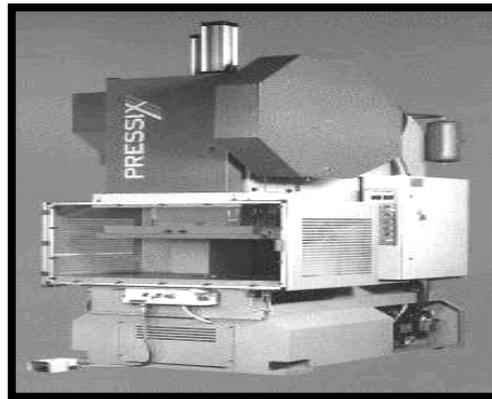


Figura 4.2 Prensa de escote

#### **4.2.1.2 PRENSA DE PUENTE**

Se denomina así por la forma peculiar de su bastidor. La parte mas baja del bastidor, cerca de la bancada, es ancha, para permitir el trabajo en lamina de metal de áreas grandes; la parte superior es angosta. Los cigüeñales son pequeños en relación al área de la corredera y la bancada de la prensa, ya que estas prensas son para trabajo pesado como para recortado, doblado y desbarbado.

#### **4.2.1.3 PRENSA DE YUNQUE**

Este tipo de prensa, tiene un eje grueso que se proyecta desde el bastidor de la maquina, en lugar de la bancada ordinaria. Donde esta provista de bancada, se acondiciona moviéndola hacia un lado al usar el yunque, figura 4.3.



Figura 4.3 Prensa de yunque

#### 4.2.1.4 PRENSA DOBLADORA

Las presas dobladoras como la mostrada en la figura 4.4 se usan para doblar, formar, rebordear, repujar, desbarbar y punzonar lamina metálica de bajo calibre.

La capacidad de presión requerida de una prensa dobladora para un material dado, se determina por la longitud de la pieza, el espesor del metal y el radio del doblado. Para las operaciones de doblado, la presión requerida varía en proporción a la resistencia a la tensión del material. Las presas tienen carreras cortas, y están equipadas generalmente con un mecanismo impulsor de tipo excéntrico.

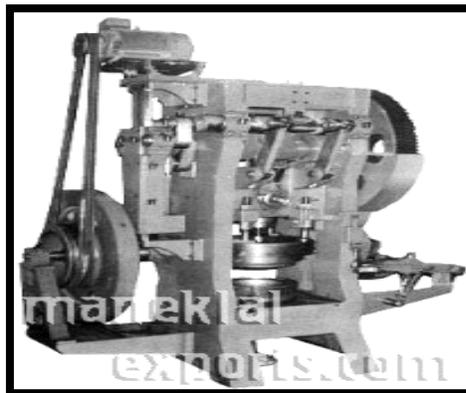


Figura 4.4 Prensa dobladora

#### 4.2.1.5 PRENSA HIDRÁULICA

Las presas hidráulicas como la de la figura 4.5, tienen carreras más largas que las presas mecánicas y desarrollan plena fuerza a lo largo de toda la carrera. La capacidad de estas presas es fácilmente ajustable, y solo se puede usar una fracción de la fuerza. También se puede ajustar

la longitud de la carrera como sea necesario. Las prensas se adaptan especialmente a operaciones de embutido profundo, debido a su movimiento lento y uniforme. También se usa para muchas otras operaciones que requieren de grandes fuerzas, tales como el aglomerado de metales en polvo, extruido, laminado, moldeo de plástico y forjado.

Por lo general el punzón principal de embutido, montado en la corredera superior, se mueve en tandem con la corredera del pisador, el cual lo rodea debajo hasta que hace contacto con el habilitado. La matriz descansa sobre la placa soporte, por debajo de esta hay un dado amortiguador que ayuda a mantener la presión en el habilitado o a expulsar la pieza formada.

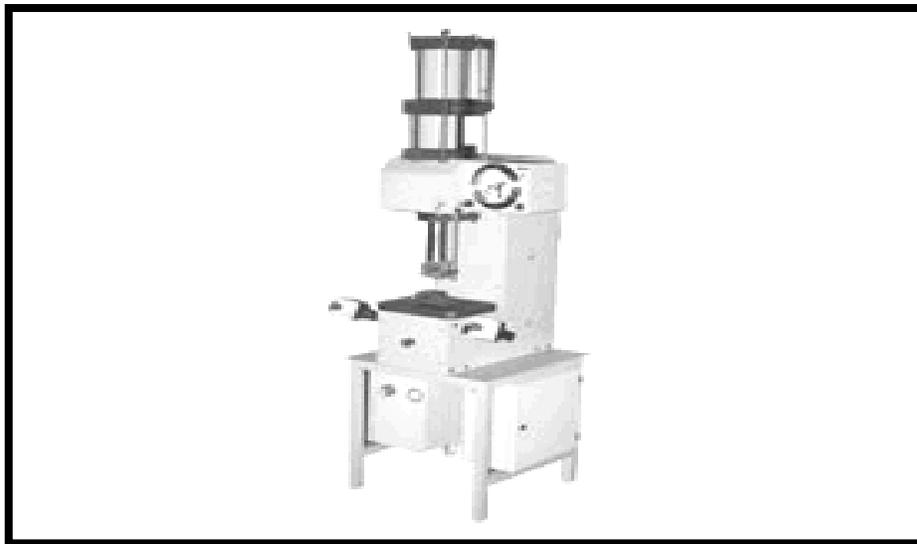


Figura 4.5 Prensa hidráulica

### **4.3 CICLO DE ESTAMPADO**

El ciclo de estampado, consiste en una sucesión ordenada de operaciones que transforman parte de una chapa en un pieza de forma definida, depende de diversos factores:

1. De la forma de la pieza a obtener
2. De sus dimensiones
3. De la calidad del material que constituye la chapa que se va a trabajar

Otro detalle que debe tenerse en consideración al iniciar el estudio del ciclo del estampado es la posibilidad de extraer la pieza de la matriz.

Una buena parte de los agujeros que se hacen en la chapa puede servir para desempeñar una de las siguientes funciones:

- a) De aligeramiento de la chapa
- b) De guía para el paso de otros elementos

La función señalada con la letra a se ejecutara, en la mayoría de los casos, por el procedimiento de cortar; para la segunda función, la función dependerá de la tolerancia del agujero.

#### **4.4 PUNZONADO**

Es una operación mecánica con la cual, mediante herramientas especiales aptas para el corte, se consigue separar una parte metálica de otra obteniéndose instantáneamente una figura determinada, figura 4.6

El punzón en el primer tiempo y prosiguiendo la presión que ejerce sobre la plancha, completa su labor con una compresión del metal, con lo cual da origen a una deformación plástica del medio interpuesto; se origina en primera fase, un vientre cóncavo. Luego, el punzón encontrando libre el camino en la matriz, prosigue su acción ocasionando una expansión lateral del medio plástico sin remontar el material. El esfuerzo de compresión se convierte, un instante igual a la resistencia a la cortadura. En esas condiciones, sobrevive un brusco desgarró y el trozo de plancha sujeto al punzón se separa del resto y cae al fondo de la matriz.

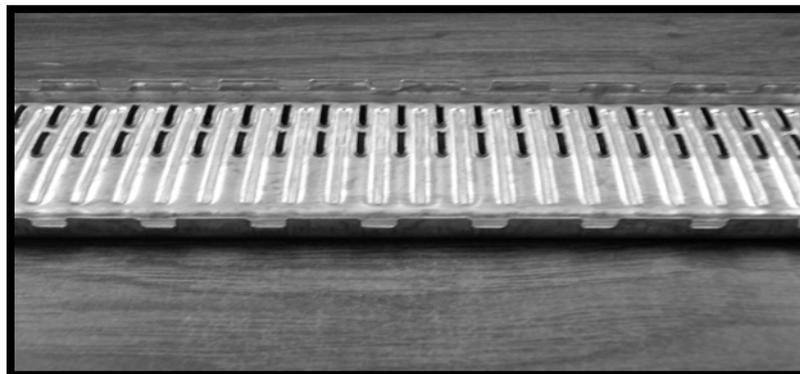


Figura 4.6 Muestra de una pieza terminada y punzonada

## 4.5 DESCRIPCIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE

El corte de la chapa se realiza mediante el empleo de útiles especiales denominados matriz de corte o hierro de cortar. A los efectos del trabajo de corte de la chapa, estas matrices constituyen la herramienta mas compleja. En la figura 4.7, se representa esquemáticamente un troquel sencillo. Esta se compone de dos partes fundamentales: el punzón A y la matriz B propiamente dicha.

El punzón A, según su sección, define el contorno de la pieza a cortar. El filo de corte lo constituye el perímetro exterior del punzón y el perímetro interior del agujero de la matriz.

Una matriz compleja se compone además: de un bloque o mazo C, que actúa de guía del punzón; de dos chapas D, que tienen por objeto crear un pasillo por el que se hace deslizar la tira o cinta de chapa a cortar; de un sistema de tope destinado a fijar el pasó según el cual debe avanzar la tira de chapa por cada carrera del órgano móvil de la prensa. Los bordes de la chapa D, sirven también para guiar la tira de chapa. Por cada carrera vertical del elemento móvil de la prensa y, naturalmente, del punzón, se realiza la operación de corte.

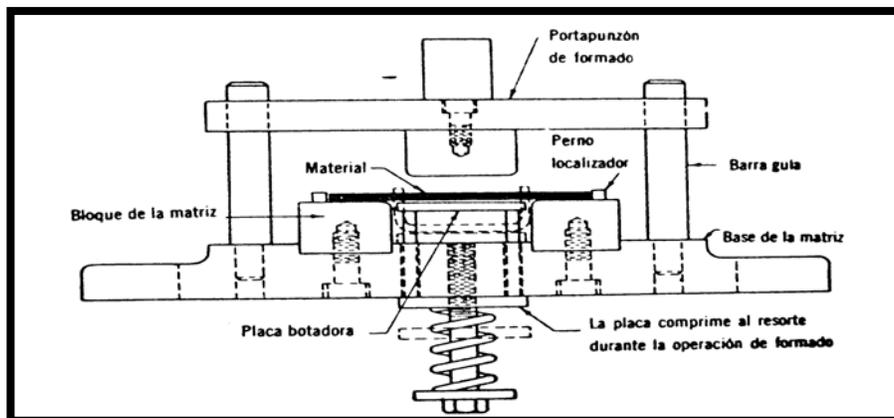


Figura 4.7 Esquema de un punzón y matriz de formado

## 4.6 EMBUTIDO

Las cavidades se producen forzando a un punzón de acero tratado o macho en un acero blando. El macho, maquinado a la forma exacta de la pieza por moldearse, es tratado térmicamente para obtener la dureza y resistencia necesarias para soportar las tremendas presiones involucradas.

Presionar el macho en la matriz requiere mucho cuidado y frecuentemente se necesitan algunos prensados alternos y recocidos antes de que el trabajo este completo.

Durante la operación de embutido (figura 4.8), el flujo del metal en la matriz esta restringido de cualquier movimiento lateral apreciable por un potente anillo de sujeción colocado alrededor de él.

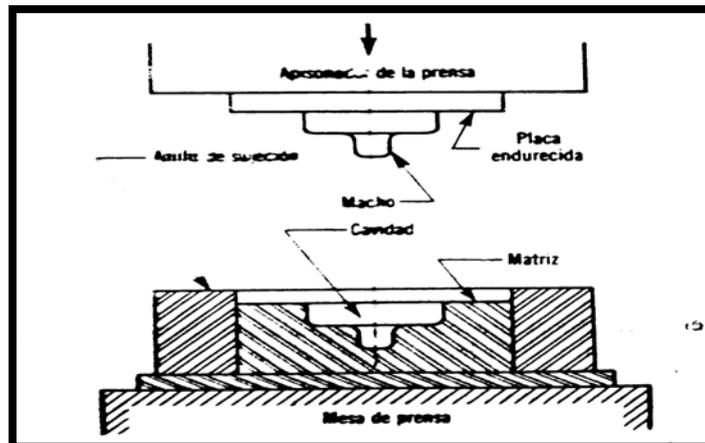


Figura 4.8 Dado de embutido produciendo una cavidad de un molde

En una operación de embutido simple de placas relativamente gruesas, el espesor de la placa puede ser suficiente para resistir el arrugamiento y puede hacerse en una prensa de simple efecto.

Las prensas hidráulicas se adaptan bien para el embutido debido a su acción relativamente lenta, control estricto de velocidad y la presión uniforme.

#### 4.7 TERMINADO DE TUBOS

La tubería, que requiere exactitud dimensional, lisura de superficie y mejoramiento de propiedades físicas se termina ya sea por estirado en frío o por reducción del tubo.

El estirado se hace en un banco como en la figura 4.9, donde un extremo del tubo se reduce en diámetro por una operación de estampado para permitirle entrada al dado, y sujetarlo entonces con tenazas fijas a la cadena del banco de estirado. En esta operación el tubo se estira a través de un dado menor que el diámetro exterior del tubo. La superficie interior y el diámetro están controlados por un mandril fijo sobre el cual el tubo es estirado.

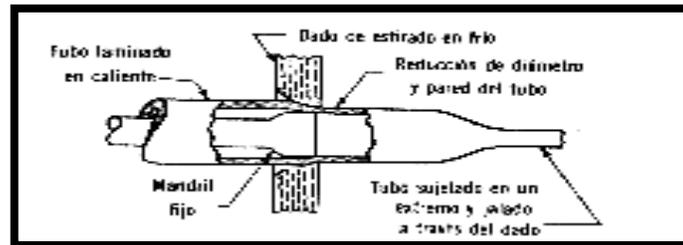


Figura 4.9 Proceso de estirado en frío de un tubo

La operación de estirado de un tubo es muy severa: el metal es forzado por encima de su límite elástico para permitir el flujo plástico a través del dado. La reducción máxima para una pasada es alrededor del 40%. Esta operación aumenta la dureza del tubo de tal manera que, si se desean algunas reducciones severas, el material debe recocerse después de cada pasada.

El tubo reductor tiene dados semicirculares con ranuras cónicas a través de las que el tubo, previamente laminado en caliente, es alternadamente avanzado y girado. Los dados como se muestran en la figura 4.10, basculan hacia delante y hacia atrás cuando el tubo se mueve a través de ellos. Un mandril cónico interior regula el tamaño al cual el tubo se reducirá. El tubo reductor puede efectuar la misma reducción en una pasada, que podría tomar cuatro o cinco pasadas en un banco de estirado, pero su ventaja está en la mucho mayor longitud de tubo que puede producirse.

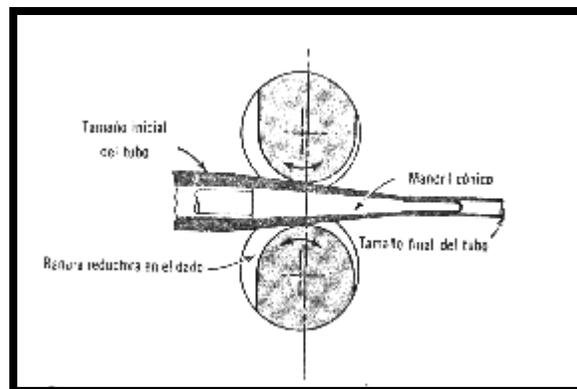


Figura 4.10 Proceso de formado de un tubo reductor

## 4.8 CIZALLAMIENTO

El corte del metal implica su sometimiento a un esfuerzo de corte, superior a su resistencia límite, entre filos cortantes adyacentes.

Conforme el punzón desciende sobre el metal, la presión produce primero una deformación plástica que tiene lugar como en la figura 4.11. El metal se somete a un esfuerzo muy alto entre los filos de la matriz y el punzón, y las fracturas se inician en ambos lados de la lamina a medida que continua la deformación. Cuando se alcanza el límite de resistencia del material, la fractura progresa; si el juego es correcto, y ambos filos tienen el mismo aguzado, las fracturas se encuentran en el centro de la lamina. El valor del juego, que desempeña un papel importante en el diseño de matrices depende de la dureza del material.

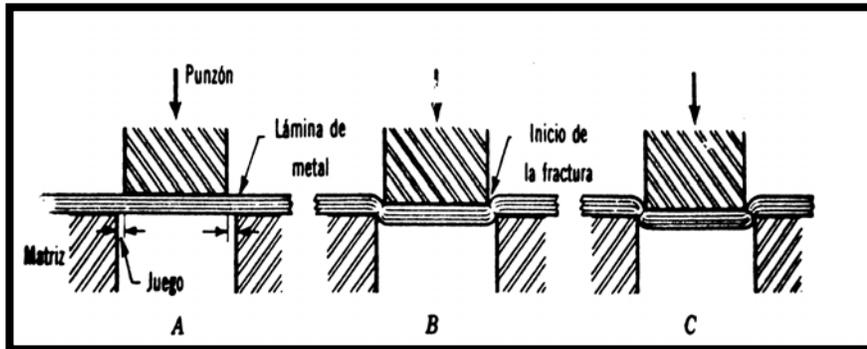


Figura 4.11 Esquema del un proceso de cizallamiento

El recortado es la operación de corte de áreas planas en algunas formas deseadas y es generalmente el primer paso de una serie de operaciones. En este caso el punzón debe ser plano y debe darse a la matriz algún ángulo de corte, de manera que la parte terminada permanecerá plana. El desbarbado es la eliminación de rebaba o exceso de metal alrededor de los bordes de una pieza y es esencialmente lo mismo que el recortado. El rasurado es similar, excepto que es un proceso de acabado o de calibrado en el cual se elimina menos metal. El hendido consiste en efectuar cortes incompletos en un lamina. Si se punzona un agujero parcialmente y se dobla un lado hacia abajo a manera de respiradero, se le llama lancelado.

#### 4.8.1 Cizalla de escuadra

Esta maquina (figura 4.12) se usa exclusivamente para cizallar laminas de acero y se fabrica tanto para operación manual como la operada por motor. En la operación, la lamina avanza sobre la bancada de manera que la línea de corte se encuentre bajo la cuchilla. Cuando se acciona el pedal, los pisadores descienden y las cuchillas cortan progresivamente a lo largo de la lamina.



Figura 4.12 Maquina para cizallamiento

#### 4.9 DOBLADO Y FORMADO

El doblado y formado se pueden efectuar con el mismo equipo que se usa para corte, esto es, prensas operadas con manivela, excéntrico y leva. En donde se lleva acabo el doblado, el metal se somete a esfuerzos tanto en tensión como de compresión, con valores inferiores a la resistencia limite del material, sin un cambio apreciable del espesor.

Durante la operación, el eje neutro de la sección se mueve al lado de la compresión, lo cual arroja mas fibras en tensión. Todo el espesor disminuye ligeramente, y el ancho aumenta en el lado de la compresión y se corta en el otro. El metal que se ha doblado, retiene algo de su elasticidad original y hay alguna recuperación de elasticidad después de retirar el punzón, tal y como se muestra en la figura 4.13.

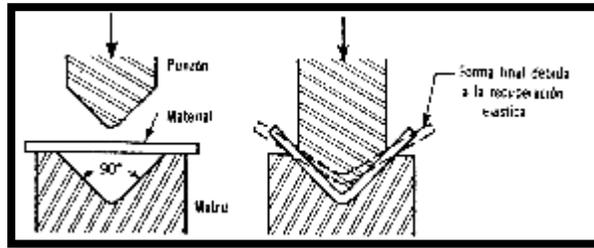


Figura 4.13 Esquema de una operación de doblado

#### 4.10 LUBRICANTES PARA ESTAMPADO DE CHAPA

Durante las operaciones de estampado, es necesario que las superficies de contacto entre la chapa y la estampa se deslicen con facilidad y con el mínimo rozamiento. Evidentemente el objetivo es el de facilitar la operación de dar forma y reducir el desgaste de las estampas. Con una adecuada lubricación se puede superar también cualquier pequeño defecto de proyecto o construcción de las estampas y remediar las eventuales deficiencias el material a estampar. (figura 4.14)

Los lubricantes se pueden clasificar del siguiente modo:

##### I. Pastas grasas y jabones:

- a) Magnus #421. Pasta hidrosoluble, no pigmentada y color crema. Esta compuesta de sustancias grasas y jabón; este ultimo la hace emulsionante. Adecuada para el estampado y la embutición ligera del acero al carbono y aleaciones de cobre.



Figura 4.14 Muestra de algunos lubricantes

## II. Aceites clorados:

- a) Magnus # DO-2A. Aceite hidrosoluble de base clorada, inodoro, viscosa y transparente, de color amarillo, con aspecto similar a la miel. Adecuado para la embutición difícil, especialmente de los aceros inoxidable.

## III. Aceites grasos:

- a) Magnus DO-5A. Insoluble en agua; color pajizo, con viscosidad SAE 10; contiene un porcentaje discreto de compuestos grasos y aceitoso; no contiene azufre ni cloro; es soluble en todos los aceites de petróleo. Se usa para (figura 4.15) operaciones de estampado y embutición poco profunda de metales no ferrosos.



Figura 4.15 Muestra algunos aceites lubricantes

## IV. Productos jabonosos

- a) Magnus DC-5. Es una pasta soluble en agua, no pigmentada, blanda color marrón dorado. Se usa tal cual o diluida en agua; adecuada para la embutición poco profunda de metales ferrosos. Con la operación de recocido en horno quema completamente y, por tanto, no es necesario operaciones de decapado.

#### **4.11 PROCESO DE FABRICACIÓN AUTOMÁTICO (CONTROL NUMÉRICO)**

El control numérico se refiere a la operación de maquinas herramienta con datos numéricos almacenados en cinta de papel o magnética, tarjetas tabulares, memoria de computadora o información directa.

El diseño de máquinas herramienta de control numérico ofrece ventajas tales como: optimización programada de las velocidades de corte y avance, posicionamiento de la pieza, selección de la herramienta y arranque de viruta constante. A estos dispositivos se les llama centros de maquinado, en ellos se puede: fresar, taladrar, barrenar, refrentar, carear y aborcadar con fondo plano; algunas de estas operaciones se pueden programar para que actúen simultáneamente.

El objeto de las maquinas automáticas es poder producir las piezas diseñadas, el número de veces que sea necesario y disminuir al máximo la intervención del hombre en la operación de la máquina.

Con las máquinas automáticas se logra lo siguiente:

- Reproducción de las piezas con gran similitud
- Alta calidad en los acabados y en las medidas
- Poca participación de los operadores de las maquinas
- Control de la producción

En las operaciones de automatización se pueden incluir las siguientes acciones:

- Alimentación del material a procesar
- Procesamiento del material de acuerdo a las necesidades de producción
- Transferencia de productos de unas maquinas a otras
- Inspección de trabajos
- Expulsión de trabajos terminados

##### **4.11.1 SECUENCIA DE OPERACIONES**

El control numérico se inicia con la parte del programador quien, después de estudiar el dibujo de definición, prevé las operaciones requeridas de la máquina para mecanizar la pieza. Prepara un programa poniendo en lista los códigos que definen la secuencia. Se requiere un punto de referencia entre la pieza y la máquina herramienta. Se especifican las herramientas de corte, los dispositivos de sujeción y su localización. El programador de la pieza debe comprender el lenguaje del procesador utilizado por la computadora. Ya terminado el programa se introduce en

la memoria de la maquina (CPU) donde hace una simulación del mismo para poder observar antes de maquinar que todo este correcto; si es necesario se realiza algún cambio si por el contrario todo esta conforme al dibujo se inicia la secuencia de operación.

Cuando una máquina puede recibir sus instrucciones por medio de un código numérico se dice que la máquina es de control numérico. Es importante no confundir a una máquina automática con un centro de maquinado.

Una máquina automática con o sin control numérico es una máquina que permite la fabricación, de manera repetida, de piezas con muy poca participación del hombre.

Los centros de maquinado CNC pueden ser líneas de producción totalmente automáticas en las que su objetivo es la producción a gran velocidad de muchas piezas u objetos.

Como todas las máquinas-herramienta deben operar con tres movimientos: principal, avance y penetración, estos deben ser automatizados y controlados para arrancar y parar cuando sea necesario. Los movimientos se logran por medio de motores de paso a paso y el arranque y paro, se logra por medio de sistemas de control de bucle abierto o cerrado, los que previamente programados establecen cuando arrancar y cuando parar de acuerdo a la posición o velocidad que tiene la pieza o la herramienta.

#### **4.11.2 COORDENADAS RECTANGULARES**

El control numérico utiliza coordenadas rectangulares o cartesianas para definir un punto en el espacio. Por medio de coordenadas puede describirse un punto en el espacio en términos matemáticos desde cualquier otro punto a lo largo de tres ejes perpendiculares entre si. La construcción de maquina herramienta esta basada en dos o tres ejes perpendiculares de movimiento lineal y un eje de rotación.

Generalmente, el eje de movimiento z es paralelo al árbol principal de la maquina, mientras el eje x de movimiento es horizontal y paralelo a la superficie de apoyo de la pieza. El eje y de movimiento es perpendicular a ambos ejes x y z. La designación de los ejes y movimiento rotatorio están normalizados para cada maquina. El eje de movimiento x es horizontal y paralelo a la superficie de apoyo de la pieza mientras el eje z es paralelo al árbol principal. El eje de movimiento y es perpendicular a ambos x y y, figura 4.16.

Los motores y sensores reciben las instrucciones de operación de las unidades de control o lectoras, estas pueden ser desde una simple lectora de cinta magnética o perforadora, hasta una computadora, en la con un software especial (CAD/CAM) reciben la información y la transmiten a los motores y sensores de las máquinas.

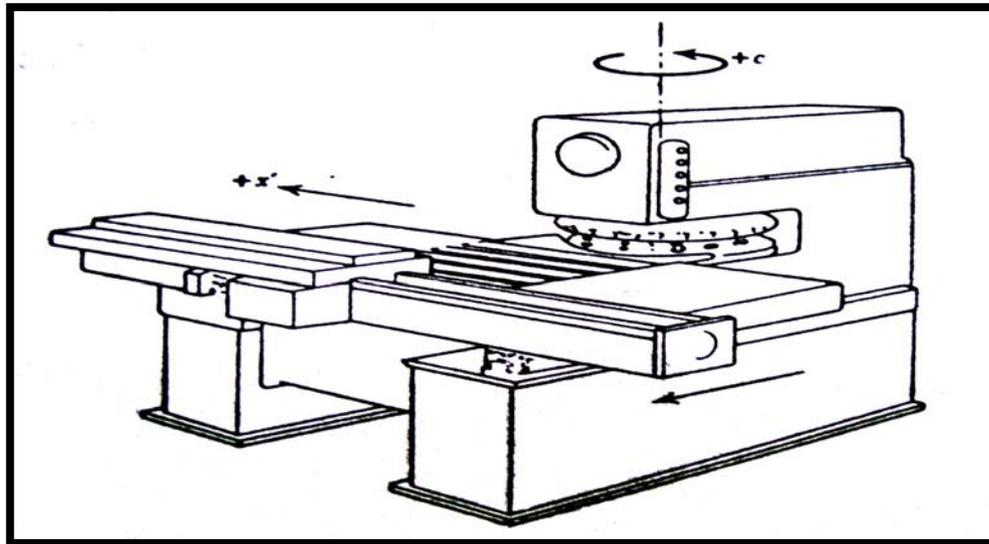


Figura 4.16 Esquema de movimiento de una maquina de CNC

La máquina de control numérico tienen una parte mecánica que es operada por motores, engranes, poleas y palancas. Estos aditamentos son alimentados con energía que es enviada por sensores, o dispositivos electrónicos que controlan en tiempo y en características la energía que va a generar la operación mecánica de mas máquinas.

Los sensores o dispositivos electrónicos son activados por señales que provienen de un controlador (figura 4.17) , el que puede ser programado directamente o por medio de una computadora con el software adecuado.



Figura 4.17 Controlador de una maquina de CNC

#### 4.12 PROCESO DE LAVADO DE PARTES

Se le denomina así al proceso que debe seguirse después de los procesos mencionados de estampado de partes, ya que se utilizan solventes en el embutido o rolado de partes y como posteriormente, se utilizarán estas partes para ser ensambladas por medio de algún tipo de soldadura; ya que como se indica en las uniones de los metales utilizados es necesaria tener una adecuada limpieza de las partes para tener una excelente adhesión entre ellas y poder agilizar los procesos y no generar retrábalos posteriores.

La limpieza se hace por medio de acción mecánica y por lavado con solventes, detergentes y otros químicos. Como en el proceso final se da un baño de pintura o revestimiento electrolítico, a algunas piezas se debe aplicar un lavado y desengrasante. El lavado y el desengrasado se puede hacer por solventes minerales u orgánicos o por soluciones de agua.

La forma mas fácil de limpiar y la que puede hacerse con cualquier fluido es la de inmersión.

Una secuencia típica es:

1. Prelimpieza por inmersión o aspersion con un solvente emulsificante para remover el volumen de grasa y suciedad.
2. Enjuagado por aspersion con agua caliente.

3. Inmersión y limpieza electrolítica para eliminar las escamas y el óxido
4. Enjuague caliente final por inmersión
5. Secado en chorro de aire.

Para realizar el proceso de lavado, se tiene que hacer una inmersión del material en las tinas de acero inoxidable con las siguientes soluciones para realizar un proceso óptimo como se menciona en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6 Condiciones de operación para la limpieza de partes del proceso de fabricación de radiadores**

Tina No.	Operación	Producto contenido	Concentración óptima	Temperatura óptima	Frecuencia mínima de cambio
1	Desengrasante Alcalino	Desengrasante Innerbrite W-280	(30 – 60) g/lit	(60-82) °C	Cada 6 meses
2	Enjuague	Agua	Limpia	(40-60) °C	Cada 8 horas
3	Enjuague	Agua	Limpia	Ambiente	Diario
4	Abrillantado	Ácido sulfúrico	(80–100) g/lit	Ambiente	Cada 6 meses
5	Enjuague	Agua	Limpia	Ambiente	Diario
6	Enjuague	Agua	Limpia	Ambiente	Diario
7	Enjuague (secado)	agua	limpia	(70-80) °C	Cada 8 horas

Dentro de las tinas con soluciones el material se introduce de 5 a 10 minutos dependiendo de la cantidad de material; las tinas con agua solo son de enjuague para retirar los restos de la solución anterior.

Finalmente, el secado total de la piezas se lleva a cabo a temperatura ambiente.

#### **4.12.1 DECAPADO QUIMICO**

El decapado es precisamente la remoción química de los óxidos superficiales y las escamas de los metales por soluciones ácidas. Las soluciones para el decapado contienen ácido sulfúrico o clorhídrico con agua y algunas veces con inhibidores.

En el decapado, el ácido no puede llegar a una superficie que esta cubierta con suciedad, por tanto, primero las partes deben limpiarse. Después del decapado, las partes deben neutralizarse por completo con un compuesto alcalino y después por un enjuague claro. Cualquier residuo de ácido dañara la pintura o cualquier otro revestimiento subsecuente.

## **CAPITULO 5**

### **PROCESO DE SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE**

En el proceso de soldadura por gas, el principio es simple, una llama intensa es producida por la combustión controlada de una mezcla de oxígeno y un gas combustible.

Los gases combustibles de uso más común en la fabricación de radiadores son el oxígeno y el gas natural; los gases son obtenidos de alguna fuente o en tanques envasados por algún proveedor, se hacen pasar a través de una tubería conectado a un regulador de presión en donde se controla esta función; posteriormente a la salida del gas regulado se hacen pasar por un mezclador, el cual con la combinación de ambos se tendrá a la salida una flama proveniente de la boquilla donde ocurre la ignición.

Las soldaduras son formadas por el cordón de metal fundido, del metal base y el material de aporte (cuando se usa) que se forma con el contacto de la flama. El uso de fundentes remueve el óxido y las costras del área de soldadura y ayuda a asegurar una soldadura de buena calidad.

#### **5.1 GASES INDUSTRIALES USADOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN**

La amplia gama de gases industriales para soldadura puede clasificarse en tres grupos de acuerdo a sus funciones:

1. Gases combustibles. Acetileno, propano, etc.
2. Gases oxidantes. Oxígeno y aire
3. Fluido gas flux
4. Gases inertes de protección.

Para el proceso de soldadura por medio de gas a continuación se detallan los tres primeros; ya que son los que se aplican en la soldadura con gas combustible.

Oxígeno. El oxígeno se almacena en estado líquido a unos  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  en recipientes soldados y contruidos especialmente (figura 5.1). Las bombas y reguladores para el oxígeno están roscadas a la derecha y su identificación de color es color verde. Debido al riesgo de explosión al poner en contacto cualquier material combustible con el oxígeno, no debe emplearse equipos con grasa o aceite.



Figura 5.1 Cilindro de oxígeno

Acetileno. Es un compuesto químico de carbón e hidrógeno; no tiene color ni olor, pero se le adicionan compuestos para poder detectarlos en caso de alguna fuga o derrame. Este es un gas inestable y explota cuando se comprime a grandes presiones y por esta razón en los tanques o bombas está disuelto en acetona. Esta es absorbida en una masa de amianto en la botella. Debido a que el acetileno está en estado disuelto, la lectura marcada en un manómetro no se puede considerar como real.

Una mezcla de oxígeno-acetileno puede alcanzar una temperatura en su cono interior de hasta  $3470^{\circ}\text{C}$ .

Gas natural. Es una mezcla de gases en los que se encuentra en mayor proporción el metano, la proporción que se encuentra en una mezcla puede ser del 75% al 95% de este gas, le conoce comúnmente como gas metano. Este gas es de gran uso en la industria debido a su alto poder calorífico y produce una escasa contaminación. (figura 5.2)

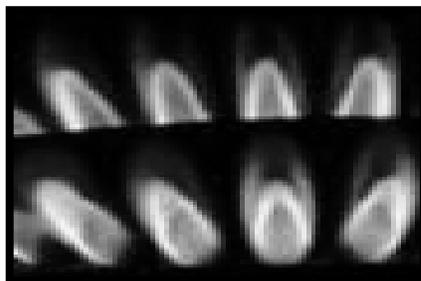


Figura 5.2 Representación de una flama de gas natural

## 5.2 FLUIDO GAS FLUX

EL fluido gas flux es un liquido, altamente volátil utilizado como fundente en los procesos de soldadura con soldadura oxiacetilenica; con el fin de mejorar las características de la soldadura.

Su carácter liquido y su menor punto de fusión (por lo cual se evita el sobrecalentamiento de la pieza a soldar), es de color verde (figura 5.3), facilita la utilización de proporciones adecuadas de material de aporte, gas combustible y el propio fundente, disminuyendo la formación de poros y las cantidades necesarias de los elementos anteriormente mencionados.

Este proceso tiene algunas variaciones con respecto al proceso de aplicación con oxiacetileno; pero de forma general se puede resumir los resultados afirmando que las uniones obtenidas con fundente gas flux, presentan características superiores a aquellas obtenidas con fundente convencional y por lo tanto, una mayor confiabilidad. En este proceso se dice que el fundente va en la flama. La superficie soldada se presenta limpia lo cual elimina la necesidad de operaciones de limpieza adicionales. No es contaminante, ni oxidante ni produce humos como los fundentes tradicionales.

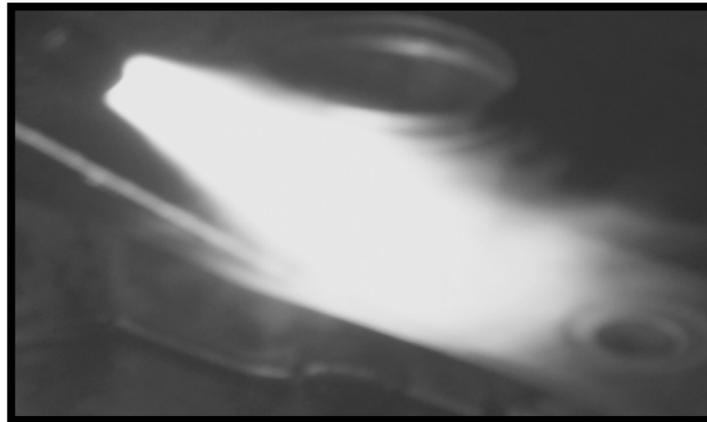


Figura 5.3 Muestra de la coloración del gas flux

## 5.3 TIPOS DE SOLDADURAS POR MEDIO DE GAS COMBUSTIBLE

En el proceso de fabricación se tienen los siguientes tipos de soldadura:

- Soldadura blanda o suave. Es la unión de dos piezas de metal por medio de otro metal llamado material de aporte, este se aplica entre ellas en estado liquido como se observa en al figura 5.4.

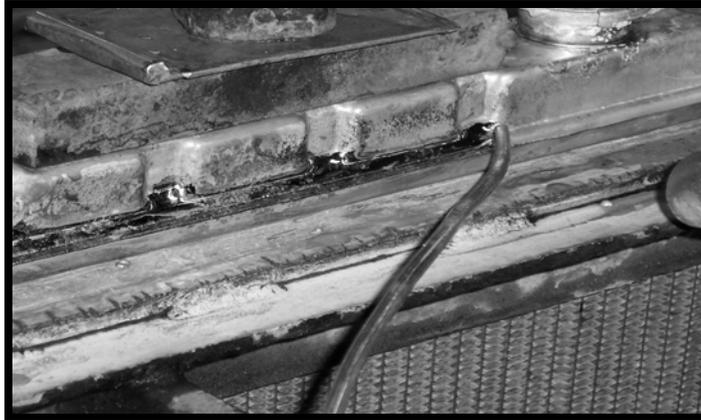


Figura 5.4 Proceso en el cual por medio de la soldadura de estaño (como material de aporte), se une las dos piezas de latón.

La temperatura de fusión de estos metales no es superior a los  $430^{\circ}\text{C}$ . En los metales de aporte por lo regular se utilizan aleaciones de plomo-estaño.

- Soldadura fuerte. En esta soldadura también se aplica material de aporte, tiene un punto de fusión superior a los  $430^{\circ}\text{C}$  y menor que la temperatura de fusión del metal base. Por lo regular se requieren fundentes especiales para remover los óxidos y aumentar la fluidez del material de aporte (figura 5.5). Algunos de los metales de aporte son aleaciones de cobre, aluminio o plata.

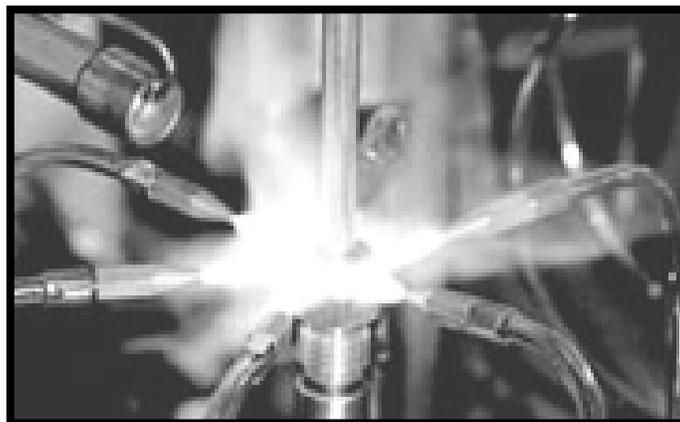


Figura 5.5 Proceso de soldadura fuerte

#### 5.4 Equipo para soldadura aplicada con gas combustible

En el proceso de fabricación de radiadores se utilizan los equipos siguientes:

1. Equipo para soldadura con gas natural. Este equipo se instala por medio de tuberías internas que recorren desde el centro de abastecimiento de la compañía que proporciona el servicio de gas natural hasta el lugar de trabajo o fabrica. El aire es obtenido por medio de compresores instalados dentro de las instalaciones de la empresa.

Posteriormente, la empresa desarrolla los diagramas de flujo de material o rutas de fabricación y en los puntos de trabajo donde se aplica la soldadura por medio de una mezcla aire-gas natural se colocan los centro o también llamadas estaciones de trabajo.

Estas estaciones de trabajo son diseñadas siguiendo unas estrictas normas de seguridad ya impuestas por las Leyes Ambientales de cada comunidad, como el que se muestra en la figura 5.6.

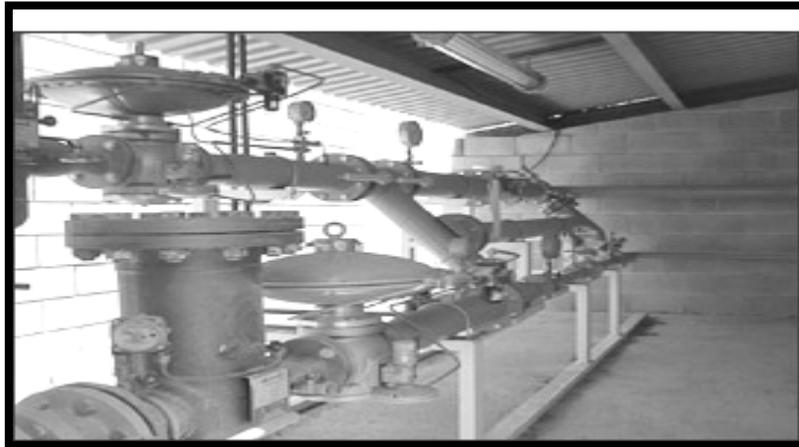


Figura 5.6 Vista de la instalación interna en una empresa.

Una vez que están definidas las estaciones de trabajo, por medio de una identificación de colores para las tuberías y mangueras obtenemos los tomas de salida de aire (que son identificadas con el color azul) y de gas natural (que se identifica de color rojo). A las mangueras de les coloca un soplete para realizar la mezcla de ambos y obtener la flama deseada según el proceso.

- Equipo para soldadura con gas y oxígeno. En este equipo se utiliza al gas natural, el oxígeno y el gas flux de la siguiente manera: como se muestra en la figura 5.7; entre el ducto de gas natural y el soplete se coloca el tanque de líquido gas flux, que funciona como se menciono como fundente obteniendo una mezcla de gas y vapor del gas flux que funciona como material combustible; en el otro extremo de la instalación se coloca la toma de oxígeno que sirve como el regulador de la combustión del gas.

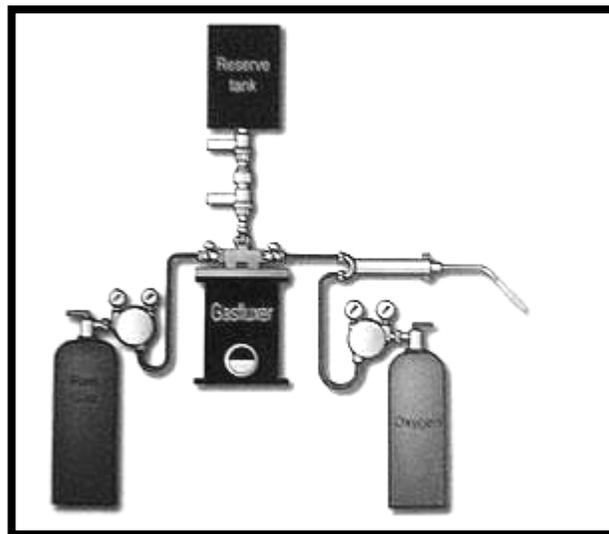


Figura 5.7 Instalación del proceso con líquido gas flux

La identificación para este tipo de instalación es de la siguiente manera: el color rojo sirve para identificar el gas natural, el color verde para identificar el oxígeno y el color rojo con una tonalidad más oscura o de color negro, como el del gas flux.

#### 5.4.1 Tipos de sopletes

Un soplete para soldar, un mezclador y una boquilla de soldar deben seleccionarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del equipo, el soplete es la parte más importante del equipo. El soplete mezcla y controla el paso de gases, para producir una llama requerida. A continuación se describen los tipos de sopletes usados en la fabricación de radiadores.

Se tienen dos tipos de sopletes para realizar las mezclas de los gases siendo los siguientes:

- Para la mezcla de gas natural y aire se utiliza un soplete como el mostrado en la figura 5.8, donde el gas funciona como combustible y el oxígeno del medio ambiente es el carburante y el gas es regulado por el aire, dependiendo del material a trabajar es el tipo de flama que se obtendrá. En esta flama obtendremos dos conos que son la llama carburante y la llama neutra.

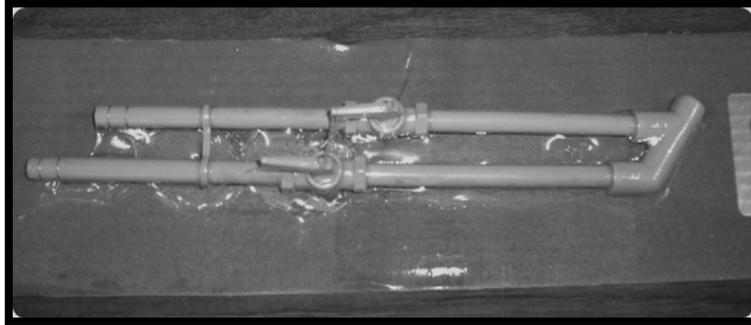


Figura 5.8 Soplete para la mezcla aire comprimido-gas natural

Este tipo de soplete es el denominado soplete de presión equilibrada, donde la boquilla (figura 5.9) de mezcla tiene un orificio central y alrededor de éste varios agujeros pequeños.

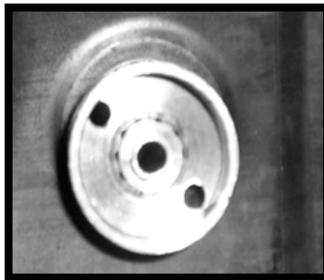


Figura 5.9 Boquilla usada en el proceso aire-gas natural

- El otro tipo de soplete (figura 5.10) utilizado en el proceso es parecido al que se usa en el proceso de oxiacetileno, la diferencia es la mezcla de gas natural y gas flux en lugar del acetileno; que debe ser de mayor diámetro para realizar la mezcla idóneamente.



Figura 5.10 Soplete utilizado en el proceso gas flux

Como en el soplete usado en el proceso oxiacetileno, la mezcla de gas y fundente son el material carburante y el oxígeno funge como el oxidante

Este un soplete de tipo de inyector, el oxígeno pasa por una boquilla inyectora, y crea una succión que arrastra el gas combustible hacia la cámara de mezclado. Con este tipo de soplete no se requiere el uso de mucha presión de gas.

Los sopletes también constan de boquillas para soldadura como los mostrados en la figura 5.11, que suelen ser de cobre, latón o bronce; el diámetro de la boquilla descargara una mayor cantidad de gas pero la temperatura siempre será la misma; por lo tanto dependiendo del espesor del material se debe seleccionar la boquilla para no provocar sobrecalentamiento en la pieza y perforación del material o que no sea muy pequeña ocasionando que tarde en calentar mucho el material..



Figura 5.11 Boquillas en diámetros diferentes para el proceso gas flux

Para obtener buenos resultados es conveniente realizar una limpieza a las boquillas para tener mayor durabilidad y en condiciones optimas el equipo

### 5.5 Flamas para soldadura con gas carburante

Son tres tipos de flama que se aplican como lo son: la neutra, la reductora o carburante y la oxidante. En apariencia la flama consta de tres partes, cono interior, pluma y cono exterior. (figura 5.12)

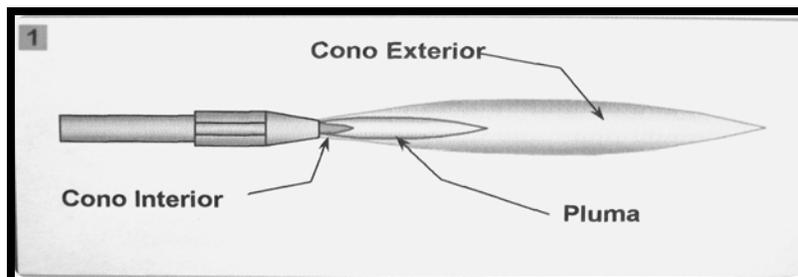


Figura 5.12 Apariencia de una flama producida por un gas carburante

La flama neutra (figura 5.13), resulta de una mezcla de proporciones iguales de oxígeno y el gas combustible, y es la que usa más comúnmente siendo la correcta para soldar. Se produce cuando el cono interior deja de reducirse y la pluma desaparece. Consta de dos partes, el cono interior y el cono exterior con una sola punta.

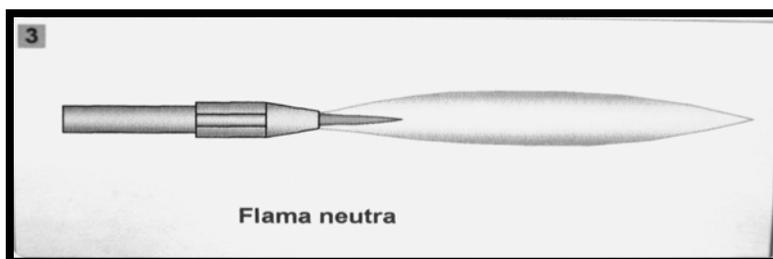


Figura 5.13 Esquema de una flama neutra

La flama reductora o carburante (figura 5.14), esta flama contiene en mayor proporción el gas combustible, lo que genera entre el cono de mayor luminosidad y el envolvente, un cono de color blanco cuya longitud es definida por la cantidad del gas que se administra en el proceso, la flama calienta más al metal base, pero se produce carburos que hacen dura y frágil a la soldadura.

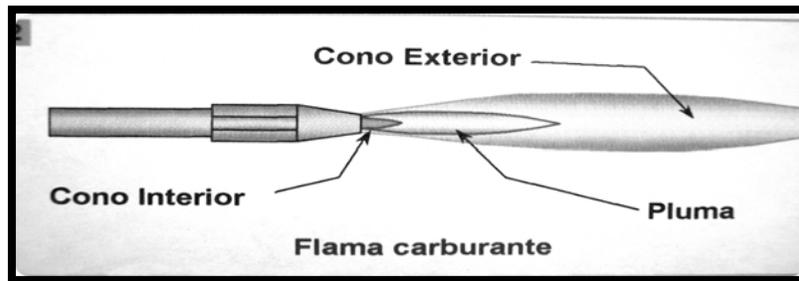


Figura 5.14 Esquema de una flama carburante

La flama oxidante (figura 5.15), tiene su cono luminoso mas corto y el cono envolvente tiene mas color, como su nombre lo indica tiene exceso de oxigeno, es la flama mas caliente, pero produce óxidos que hacen a la soldadura demasiado frágil.

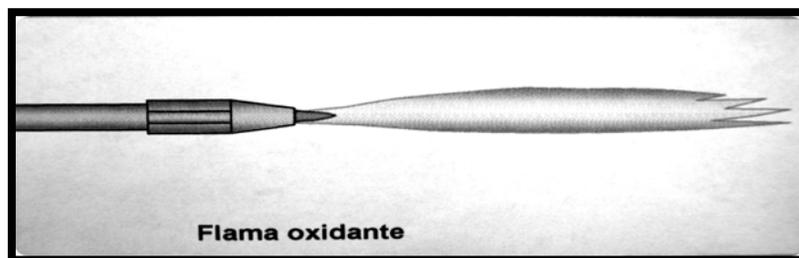


Figura 5.15 Esquema de una flama oxidante

En el proceso de soldadura por medio de oxigeno-gas flux-gas natural; se pueden obtener estos tres tipos de flamas mencionadas y en el proceso de soldadura por medio de aire comprimido-gas natural solo se obtienen las de tipo carburante y neutra, ya que no se utiliza oxigeno en este proceso.

### 5.6 Descripción de los fundentes y soldaduras utilizados en cada proceso.

En el proceso de soldadura por medio de oxigeno-gas flux-gas natural; ya se menciono que el liquido gas flux funciona como fundente. Como se requiere una mayor rapidez en la aplicación del proceso se le agrega fundente en pasta a las piezas (figura 5.16), para acelerar la fluidez de la soldadura y circunde mas rápido por el área a unir y llevar acabo el efecto de capilaridad mas uniforme.



Figura 5.16 El aro brillante es la reacción del fundente en pasta

Este tipo de fundente en pasta reacciona con el agua en una concentración 5 a 1, se coloca sobre las piezas a unir en forma uniforme y se unen ambas para poder realizar el proceso de soldadura. A diferencia del proceso con oxiacetileno, el liquido gas flux deja una limpieza sobre las piezas eliminando este proceso y se tienen una mayor apariencia del material. (figura 5.17).



Figura 5.17 Pieza terminada donde se muestra el área unida y limpia

La soldadura utilizada en este proceso (figura 5.18), pueden oscilar en un rango de 1 % a 90 % de plata y aleadas con distintos tipos de metales como cobre, fósforo, estaño, zinc, cadmio, níquel, etc.

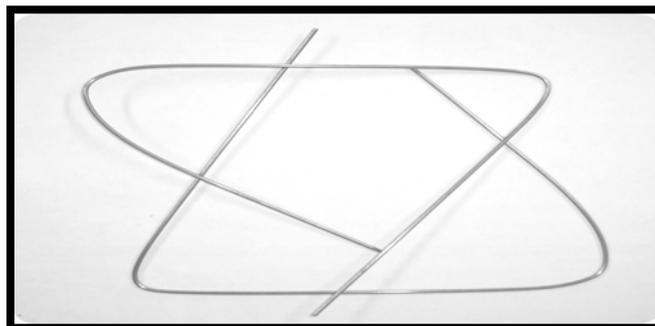


Figura 5.18 Muestra de dos barras de soldadura con aleación de plata

Las cualidades mas predominantes de las soldaduras con aleaciones de plata son:

- Al hacer uniones a baja temperatura, se vuelven aleaciones muy económicas, ya que se garantiza no deformar ni dañar el metal base, al tomar menos tiempo de soldar se ahorra: combustible y mano de obra, ya que se tienen mayor fluidez de la soldadura y una capilaridad uniforme formando uniones estrechas.
- Las uniones son de excelente acabado, libres de poros, de muy buena resistencia mecánica, gran elasticidad en las uniones para soportar vibración y no se oxidan.

En el proceso de soldadura por medio de gas natural-aire comprimido; se emplea como fundente una sustancia liquida que se compone principalmente de ácido hidrobromidrico, agua y un componente comercial de nombre SF – 15.

En la tabla 5.1 se muestran las principales características físicas de este fundente:

**Tabla 5.1 Algunas propiedades físicas del fundente usado en el proceso gas natural-aire**

Punto de ebullición	216 °F	Solubilidad del agua	100 %
Presión del vapor	La del agua	Gravedad específica	1.25
Densidad del vapor	La del agua	Apariencia y color	Solución transparente de color amarillo con olor ácido

Las tipos de soldaduras utilizadas en este proceso son aquellas que contienen como elemento principal al estaño. Se les denomina soldaduras blandas (figura 5.19), debido a que tienen punto de fusión menor a los 200 °C.

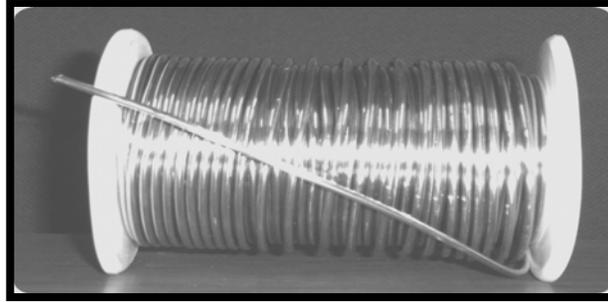


Figura 5.19 Carrete de soldadura de estaño

La soldadura con estaño consiste en unir dos fragmentos de metal (habitualmente cobre, latón o hierro) por medio de un metal de aportación (habitualmente estaño) con el fin de obtener una unión idónea entre los metales , como el mostrado en la figura 5.20



Figura 5.20 Proceso de soldadura con estaño

Dentro de las soldaduras con aleaciones de estaño la mas utilizada en el proceso de fabricación de radiadores es la composición de 60-40, es decir 60% de estaño y 40 % de plomo, este tipo de soldadura funde a los 190 °C.

Para realizar una buena soldadura, los metales que se van a soldar deberán estar totalmente limpios.

## CAPITULO 6

### PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METALICO PROTEGIDA POR GAS (MIG)

#### 6.1 PROCESO MIG ( METAL INERT GAS )

Este proceso efectúa un depósito cuatro veces mayor que el electrodo revestido y 10 veces mas que el proceso oxiacetileno, por su versatilidad y bajo costo es recomendado para soldaduras de alta calidad y buena productividad.

Técnicamente, este proceso consiste en utilizar un alambre desnudo, figura 6.1(a); muy delgado que es alimentado continuamente hasta una pistola por un motor impulsor, figura 6.1 (b); el alambre al contacto con el metal base forma un arco eléctrico que lo funde formando el material de aporte y este es protegido contra el medio ambiente por un gas inerte o activo, figura 6.1 (c).



(a)



(b)



(c)

Figura 6.1 ( a ) Muestra del alambre introducido en el alimentador, ( b ) Motor impulsor del alambre a la pistola

( c ) Muestra del proceso MIG.

Al proceso GWMA se le denomina comúnmente proceso MIG ; esto es cuando se emplea como gas protector algún gas inerte y se le denomina MAG cuando se emplea un gas activo como protector.

Con este proceso se pueden soldar todo tipo de metales en cualquier posición con mayor velocidad que los procesos de soldadura convencionales.

Una definición de este proceso sería: es la unión de metales por medio de un arco eléctrico que se genera entre la punta de un alambre ( electrodo ) consumible continuo que eleva la temperatura hasta su punto de fusión logrando la unión, con la protección de un gas inerte o activo.

El proceso MIG opera con corriente directa, usualmente con el alambre como electrodo positivo. Esto se conoce como “polaridad negativa”. La “polaridad positiva” es raramente usada por su poca transferencia de metal de aporte desde el alambre hacia la pieza de trabajo. Las corrientes de soldadura varían desde unos 50 hasta 600 A; en muchos casos en voltajes de 15 hasta 32 V. Se obtiene un arco auto-estabilizado con el uso de un sistema de fuente de poder de potencial constante (voltaje constante) y una alimentación constante del alambre.

### **6.1.1 PROCESO DE LA SOLDADURA MIG**

El proceso se caracteriza por su gran versatilidad a nivel industrial y su fácil manejo.

A continuación se mencionan sus principales ventajas:

- No hay remoción de escoria.
- Alta calidad en el depósito.
- Mínima cantidad de salpicaduras.
- En la soldadura de pasos múltiples se obtiene gran calidad y rapidez.
- Ausencia de humos.
- Se puede soldar en cualquier posición.
- Se pueden soldar laminas delgadas.
- Se reduce la distorsión.

- Tiene excelente acabado la soldadura.
- Alta velocidad de deposición.
- Económico.

## 6.2 LOS COMPONENTES DE UN PROCESO DE SOLDADURA MIG SON:

1. Fuente de poder (figura 6.2). Se usa cualquier transformador o generador que proporcione corriente directa y que cumpla con las siguientes características:
  - Transformador de C. D. o generador de C. C.
  - Ciclo de trabajo al 100% de la capacidad máxima.
  - Voltaje constante de arco y regulación del mismo.



Figura 6.2 Fuente de poder una maquina de soldadura MIG

2. Alimentador de gas inerte (figura 6.3). La función del gas es proporcionar una atmósfera que proteja el metal fundido de los contaminantes del medio ambiente (oxígeno-nitrógeno). El tipo de gas a emplear se selecciona de acuerdo a varios factores que afectan a la soldadura como la penetración, velocidad de soldeo, transferencia del

material de aporte a calor, el arco y la apariencia del deposito. En la tabla 6.1 se mencionan los gases de mayor uso en el proceso.



Figura 6.3 Cilindros con algún tipo de gas utilizado en el proceso MIG

**Tabla 6.1 Gases de mayor uso en el proceso de soldadura MIG**

Formula química	Descripción	Funcionamiento
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono	Su característica principal es la penetración y costura angosta.
CO <sub>2</sub> + Ar	Bióxido de carbono mas árgon	Produce un arco muy estable, buena penetración y socavación mínima.
Ar + O <sub>2</sub>	Árgon mas Oxígeno	Produce un cordón excelente.
He + O <sub>2</sub>	Helio mas oxígeno	Disminuye el riesgo de porosidad en posiciones fuera de lo normal.
Ar + CO <sub>2</sub>	Árgon en mayor cantidad y CO <sub>2</sub>	Produce un arco estable y buena penetración sin embargo se necesitan mayores voltajes.

- Regulador de flujo de gas (figura 6.4) Están compuestos por un manómetro que indica la presión que tiene el gas en el cilindro, con esto se puede saber la cantidad de gas que se envía a la pistola.



Figura 6.4 Regulador para gas argón

El flujo del gas se mide en diversas unidades, por lo que se muestran algunas conversiones útiles en la tabla 6.2.

**Tabla 6.2 Unidades de conversión para el uso de reguladores**

Unidades	Pie <sup>3</sup> / h	Litros / h	Metros <sup>3</sup> / h
Pie <sup>3</sup> / h	1.000	28.4	0.028
Litros / h	0.035	1.0	0.001
Metros <sup>3</sup> / h	3531.000	1000.0	1.000

4. Material de aporte (figura 6.5). Su forma es en alambre sólido de diferentes medidas, viene en carretes o bobinas de alambre; estos pueden ser desnudos y sólidos .

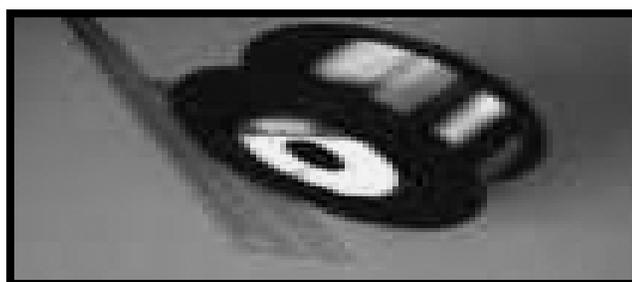


Figura 6.5 Carrete de soldadura para MIG

Dentro de los diámetros mas usados se tienen los siguientes: 0.0030, 0.035, 0.039, 0.045, 0.078, 0.093, 0.109, 0.125 y 0.156 pulgadas.

5. Alimentador de alambre (figura 6.6). Este sistema tiene como función la de impulsar el alambre de la bobina a la pistola. El alimentador esta compuesto por un motor de velocidad regulable, el cual moverá un sistema de rodillos o estriados que presionan el alambre impulsándolo hasta la pistola.
6. Sistema de control (figura 6.6). Este sistema esta constituido por la perilla de mando donde se regula la velocidad del alambre, un botón de encendido y control, de paso de gas.



Figura 6.6 Sistema de control y alimentador del paso del alambre al gatillo

7. Cableado de tierra . Para la selección del cableado es recomendable seguir las instrucciones del fabricante del equipo.
8. Manguera para transportación de gas. Las mangueras están fabricadas por tres capas concéntricas (hule-lona-hule) y soportan una presión de  $6 \text{ kg} / \text{cm}^2$  ; poseen en sus extremos conexiones de cuerda derecha. Están formadas por tres capas debido a que en la capa interior el hule permite que la manguera se doble y en el caso de alguna estrangulación absorberá parte de la presión acumulada.

La capa de lona sirve para contener a la capa de hule interno y como factor de seguridad; ya que si no existiera esta, la capa de hule interna se deformaría tanto hasta reventarse o deformarse, y por ultimo la capa de hule exterior no es igual a la interior ya que es mas rígida y soporta altas temperaturas; siendo un factor de seguridad por si se llegara a tocar algún objeto caliente.

9. Pistola (figura 6.7). Su construcción es robusta y ligera, permite ser usada en labores donde el factor de fatiga debe ser reducido; dentro de las mas comunes son las denominadas “cuello de ganso” debido a su inclinación que facilita el trabajo. Por su esbelta estructura es fácil llegar a lugares de difícil acceso, manejo y control en la localización del gatillo.



Figura 6.7 Pistola para aplicación de soldadura MIG

Sus características son:

- Ligeras
- Anatomía esbelta
- Ciclo de trabajo del 100%
- Poder conectar aditamentos y cambios de boquillas

10. Sistema refrigerante. Un sistema esta compuesto por un recirculador de agua y mangueras de conducción, el recirculador de agua es una bomba convencional, generalmente de  $\frac{1}{4}$  Hp.

El otro sistema se compone de un ventilador interno que expulsa el calor generado por la maquina hacia fuera.

### **6.3 TIPOS DE TRANSFERENCIA**

Se llama transferencia a la forma como pasa el material de aporte del electrodo al metal base.

Existen tres tipos de transferencia:

- Rocío o Spray
- Globular o goteo
- Corto circuito

La transferencia depende de los siguientes factores:

- a) Gas de protección.
- b) Diámetro del alambre de aporte.
- c) Voltaje del arco.
- d) Corriente de soldar.
- e) Polaridad.

#### **6.3.1 SPRAY O PULVERIZADO**

En esta transferencia se necesita una alta velocidad de alimentación de alambre así como un voltaje mas alto, el electrodo se fragmenta en pequeñas partículas que viajan muy lejos a través del arco eléctrico hacia la pieza a soldar (figura 6.8).

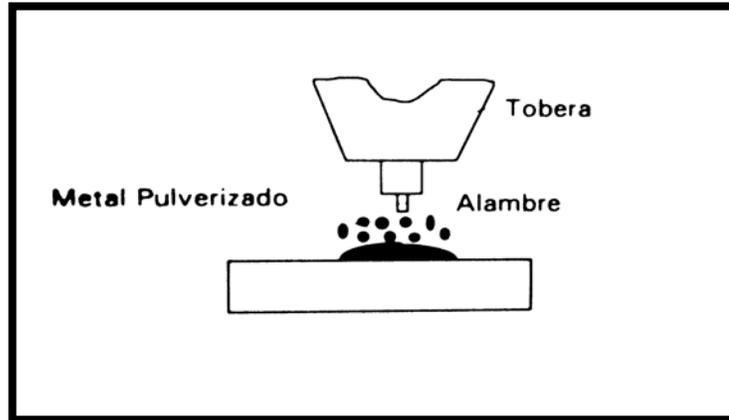


Figura 6.8 Proceso por spray o pulverizado

Si bien, la velocidad es alta, el voltaje aplicado y el tipo de gas producen un retroceso en la punta derretida del alambre sin que se apague el arco; ya que las pequeñas gotas producen un puente eléctrico de refuerzo al arco, en la tabla 6.3 podemos encontrar la relación del alambre vs el voltaje. Para este tipo de transferencia se emplea lo siguiente:

- Corriente directa con polaridad invertida.
- Voltajes altos.
- Gas argón + O<sub>2</sub> ó argón + CO<sub>2</sub>

**Tabla 6.3 Relación de diámetro del alambre vs voltaje para el proceso por spray**

Diámetro del alambre	Voltaje del arco ( A )
0.030	22 - 28
0.035	24 - 28
0.45	22 - 30

### 6.3.2 GLOBULAR O GOTEO

Se emplea baja velocidad y alto voltaje, el tipo de gas usado es el CO<sub>2</sub>. Este tipo de transferencia se caracteriza por el tamaño de las gotas que se forman en la punta del alambre (figura 6.9 ), alcanzando 3 a 4 veces el diámetro del electrodo. Al formarse el glóbulo su mismo peso hace que se desprenda del alambre y por la fuerza del arco será depositado en el metal base con una alta penetración.

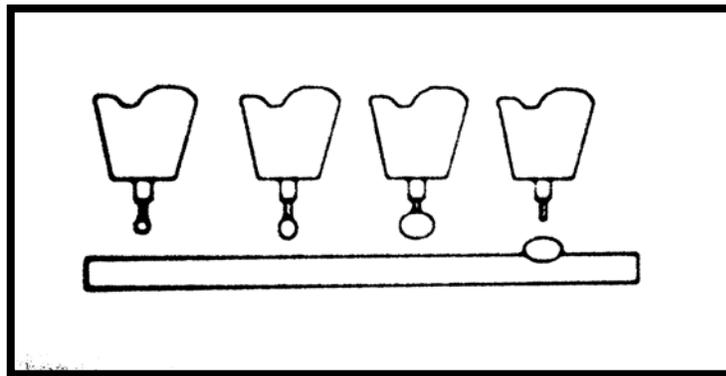


Figura 6.9 Proceso por goteo o globular

En este tipo de transferencia se utilizan los parámetros mostrados en la tabla 6.4.

**Tabla 6.4 Relación de diámetro del alambre vs voltaje para el proceso por goteo**

Diámetro del alambre ( in )	Voltaje de arco ( A )
0.030	210 .- 22
0.035	22 – 24
0.45	045

### 6.3.3 CORTO CIRCUITO

Para este tipo de transferencia se emplea un alto voltaje y alta velocidad de alimentación del alambre.

Esta transferencia es similar a la globular; solo que en el corto circuito por la elevada velocidad logra unirse la gota al metal base antes de separarse del electrodo (figura 6.10), un momento después por efecto de la tensión eléctrica y la superficie, la gota se extiende rápidamente separándose del electrodo y reiniciando el arco.

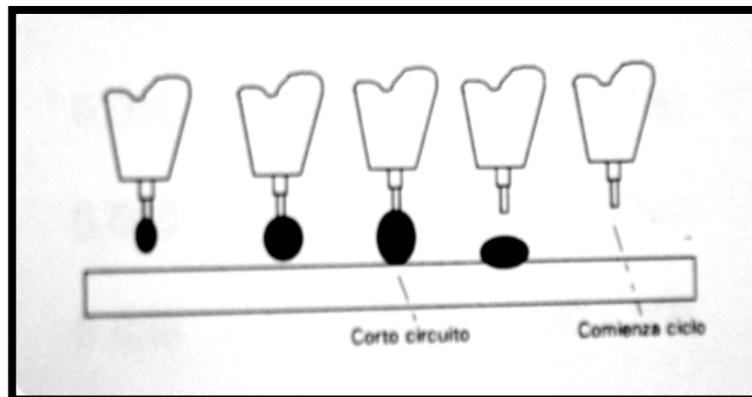


Figura 6.10 Proceso por corto circuito

Para este tipo de transferencia se emplean las siguientes técnicas:

- Corriente directa con polaridad invertida.
- Gas de protección de CO<sub>2</sub>.

y para este tipo de transferencia usamos los parámetros mostrados en la tabla 6.5.

**Tabla 6.5 Relación del diámetro del alambre vs voltaje para el proceso por corto circuito**

Diámetro del alambre ( in )	Voltaje de arco ( A )
0.030	15 - 20
0.035	16 - 22
0.45	16 - 24

#### 6.4 APLICACIÓN DEL PROCESO

Para realizar una buena soldadura no basta que tenga buena apariencia, hay que verificar que el material de aporte se mezcle perfectamente con el material base, así como fundir apropiadamente los extremos de la unión. Para lograr todos estos factores al mismo tiempo es necesario seguir algunos procedimientos.

Para la realización de la soldadura se recomienda un movimiento de zigzag o de látigo; en el caso de soldaduras verticales y sobre cabeza cada una emplea una técnica necesaria para evitar calentamientos o escurrimientos de material.

El ángulo de la tobera permanecerá con un movimiento máximo de  $15^\circ$  cuando se encuentre en los extremos laterales y de  $90^\circ$  en el centro como se observa en la figura 6.11; y el sentido de avance será de  $100^\circ$ .

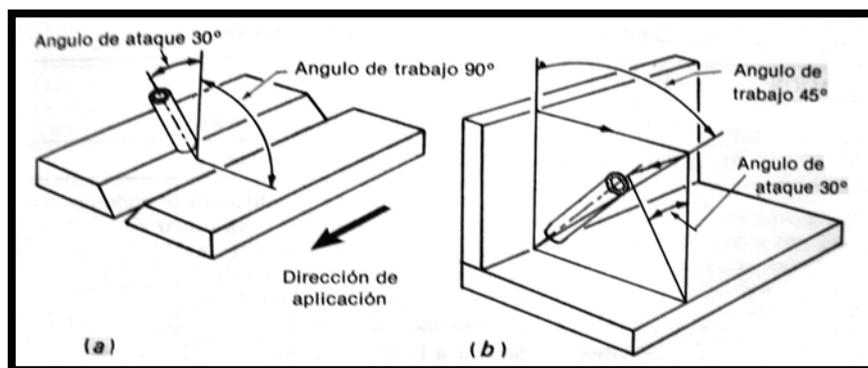


Figura 6.11 (a) Posición del electrodo en posición plana (b) Posición del electrodo en posición horizontal

#### 6.4.1 POSICIONES DE SOLDADURA

Las posiciones clásicas de la soldadura son cuatro y se muestran en la figura 6.12:

- Plana y Vertical. El metal de aporte cae por gravedad. No existe dificultad excesiva, solo se necesita una buena conducción del electrodo.
- Horizontal. El metal base es el único soporte, la soldadura escurre hacia el extremo inferior quedando abultada.
- Sobre cabeza. El metal de aporte es sostenido por el metal base, existe gran adherencia.

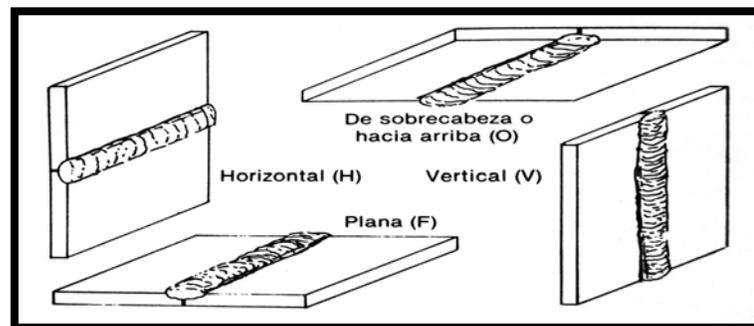


Figura 6.12 Muestra de las cuatro posiciones básicas de soldadura

Se tienen las siguientes recomendaciones especiales al realizar la soldadura:

- Posición plana. Al realizarse la soldadura es recomendable, iniciar el arco y esperar a que el metal base se funda antes de realizar el primer depósito, que el metal funda adecuadamente y llevar un depósito continuo del material.
- Posición vertical. El control de esta soldadura es muy importante, por lo que se recomienda revisar el amperaje correcto, encender el arco y realizar el primer depósito observando la apariencia de este y apoyarse en el primer depósito aplicar todo el cordón.

Si la soldadura descende al terminar la costura de cada lado, es conveniente esperar un instante para que la gota que se deposita se endurezca un poco. Si la soldadura es ascendente al terminar aplicar un regreso del electrodo y nuevamente subir el electrodo para evitar alguna falla, al igual que en la soldadura descendente es conveniente esperar un instante al terminar la costura en cada lado.

## 6.5 TIPOS DE UNIONES EN SOLDADURA

Algunas uniones básicas se muestran en la figura 6.13 y son las siguientes:

- Tope
- Traslape
- Angulo interior
- Angulo exterior
- Abocinada
- Canto

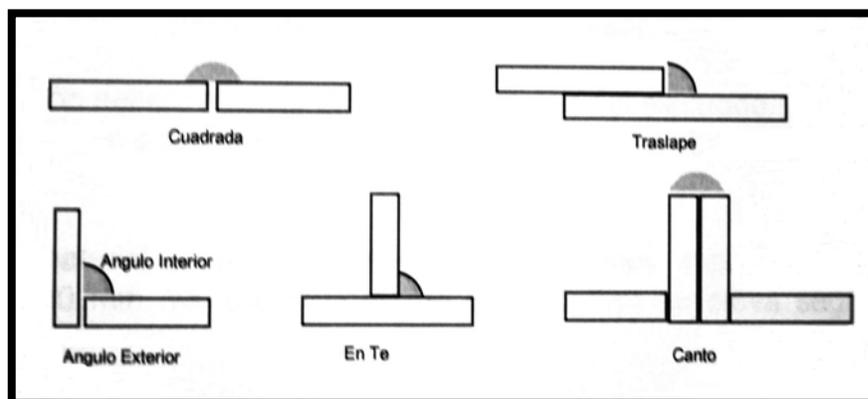


Figura 6.13 Muestras de las uniones básicas de soldadura MIG

La unión de tope es la mas usada; se emplea en espesores menores a  $5/32$  de pulgada, se puede realizar por uno o ambos lados, asegurando mayor penetración.

La soldadura de traslape se emplea algunas veces en lugar de la soldadura a tope.

La soldadura en “T” es una de las uniones principales por su uso en la industria.

## CAPÍTULO 7

### SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

Si se hace pasar una corriente eléctrica a través de dos laminas delgadas de acero al carbono, en la unión de las dos laminas se está generando calor y luz al paso de la corriente, a grado tal que si se aplica una presión mecánica entre esas dos laminas, quedarán soldadas únicamente en el punto del paso de la corriente, a este tipo de soldadura se le llama soldadura por resistencia eléctrica. En la figura 7.1 se muestra el esquema eléctrico del funcionamiento de una máquina donde se aplica la soldadura de resistencia eléctrica.

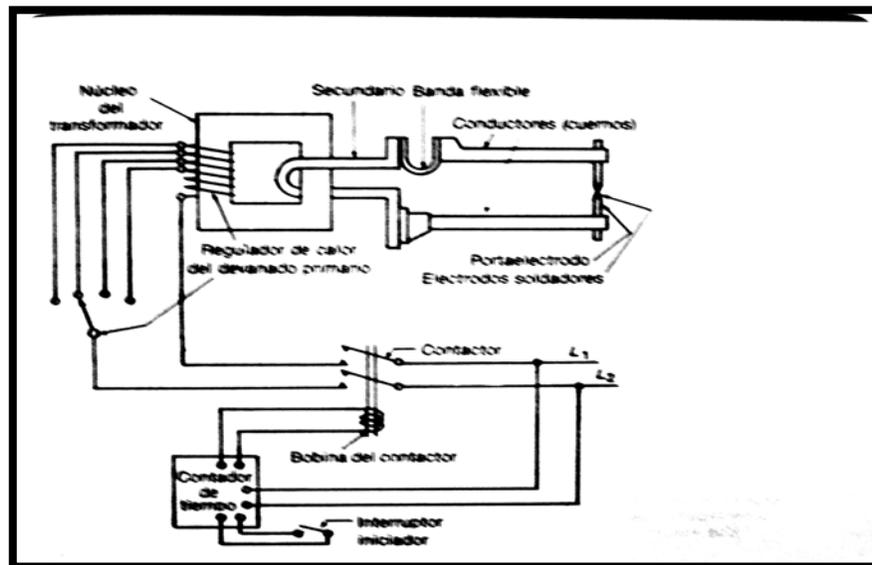


Figura 7.1 Esquema básico del funcionamiento de una máquina de soldadura por resistencia

Para este proceso, se requiere una corriente más elevada que la que se usa comúnmente; para obtener esta corriente es necesario hacer uso de los transformadores de corriente, cuya función principal es transformar la corriente eléctrica de la línea de alto voltaje y bajo amperaje a una corriente útil y segura para trabajar a bajo voltaje y alto amperaje.

#### 7.1 PARTES DE UNA MAQUINA PUNTEADORA (figura 7.2)

1. Núcleo laminado
2. Bobina
3. Mordaza
4. Brazos

5. Porta electrodos
6. Electrodos
7. Sistema del mecanismo
8. Graduación para diferentes corrientes

Corriente alterna de 220 voltios

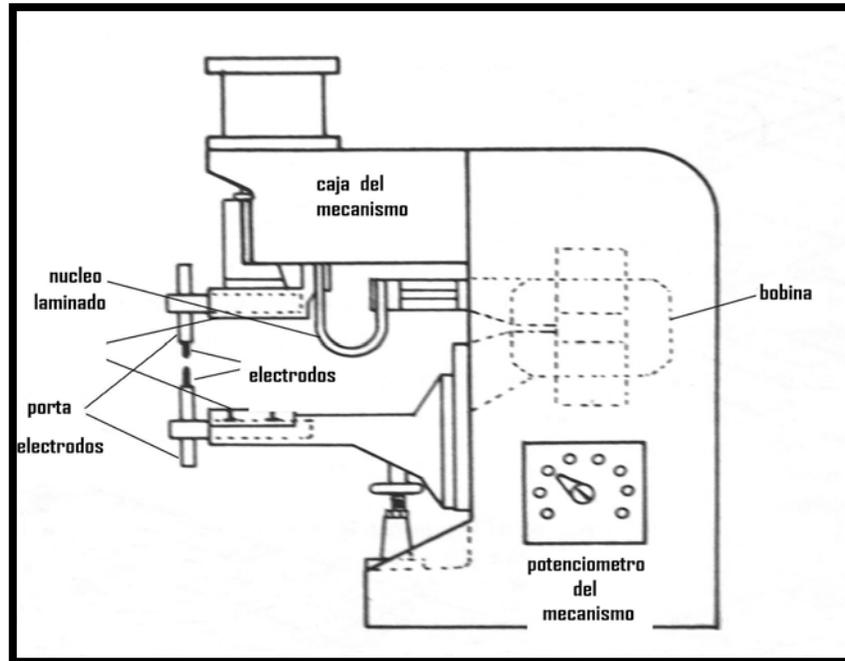


Figura 7.2 Representación de las partes de una maquina punteadora

## 7.2 SOLDADURA POR PROYECCIÓN DE PUNTOS

La soldadura por puntos es el método que más se aplica entre las dos soldaduras por resistencia eléctrica.

En su aplicación más simple en la figura 7.3 , la soldadura por puntos consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre, y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a su soldadura o unión.

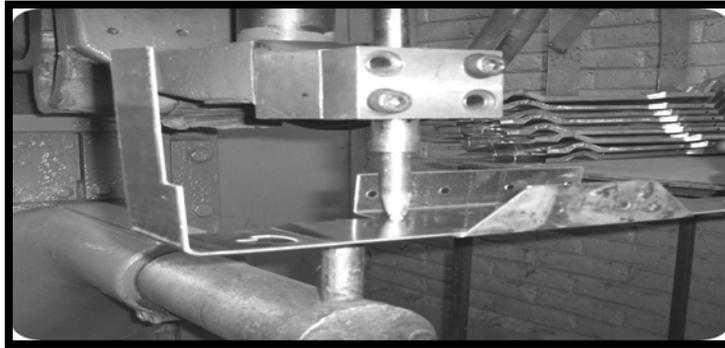


Figura 7.3 Punteado de dos piezas de lamina de acero

### 7.2.1 PROCESO DE SOLDADURA POR PUNTOS

La soldadura por puntos se realiza generando el calor necesario para soldar hasta alcanzar la temperatura de fusión de los materiales, por la resistencia de las partes a unir al paso de una corriente eléctrica. Difiere de otros procesos de soldadura por fusión, ya que además se requiere una presión mecánica, para unir las partes. La presión refina la estructura de los cristales, y produce una soldadura con propiedades físicas que en la mayoría de los casos son iguales, y a veces superiores a las del metal base.

En el momento de realizar la unión en su funcionamiento se hace circular una corriente de agua por los porta electrodos, para llevar a cabo el enfriamiento del material y solidificarlo mas rápido, como se muestra en la figura 7.4.

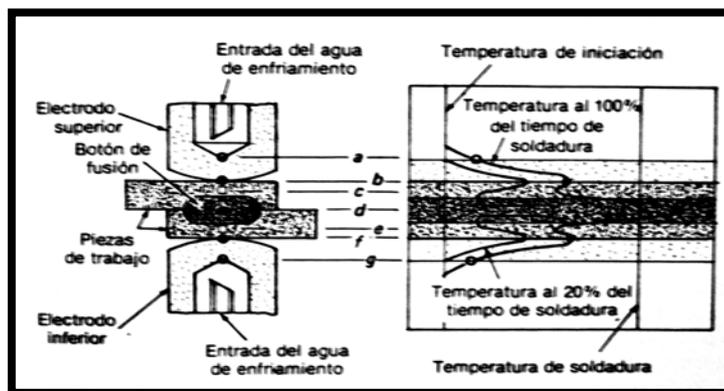


Figura 7.4 Muestra grafica del funcionamiento del enfriamiento y solidificación del proceso de punteado por resistencia eléctrica.

El sistema eléctrico, de una máquina monofásica de CA, para soldadura por puntos; esta formado por transformadores, interruptor superior y circuito secundario, el cual incluye los electrodos. La energía eléctrica que se utiliza en los electrodos se toma directamente de una línea de fuerza. Debe haber sin embargo, voltaje suficiente en el sistema eléctrico para proporcionar la corriente que se requiere al momento de producir suficiente calor y lograr una soldadura del tamaño requerido.

La capacidad de trabajo comprende no solo la magnitud de la soldadura que puede producir la maquina, sino también con qué frecuencia puede producir tales soldaduras sin "quemar" su transformador u otro equipo relacionado

### **7.3 CICLO DE TRABAJO**

El ciclo de trabajo de un transformador para soldadura por resistencia eléctrica se define como el porcentaje del tiempo, en cada periodo de un minuto, en que el transformador esta realmente pasando corriente.

La suciedad, la herrumbre y otras sustancias extrañas, al encontrarse sobre las superficies de las partes por unir, aumenta la resistencia a la corriente eléctrica, por lo que deben eliminarse.

Una secuencia de operación esta formada por:

- Tiempo de compresión. Es el tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo, y la primera aplicación de la corriente al hacer las soldaduras de puntos y de costura, por soldadura por resistencia y en la soldadura de piezas salientes o de juntas de deformación.
- Tiempo de soldadura. El tiempo en el que se pasa la corriente de soldar a través de las partes que se estén uniendo, el cual se expresa ordinariamente en ciclos
- Tiempo de mantenimiento de la presión. El tiempo durante el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura, después de haber cesado el paso de la corriente de soldar. Este tiempo tiene por objeto permitir que se enfrié o endurezca la pequeña región plástica de soldadura, después de lo cual se suprime y se retira la punta.

En la figura 7.5 se muestra la secuencia de operación:

- A. Tiempo de compresión
- B. Presión aplicada
- C. Tiempo de soldadura
- D. Corriente conectada
- E. Tiempo de presión mantenida
- F. Corriente desconectada
- G. Tiempo de enfriamiento
- H. Tiempo de enfriamiento
- I. Tiempo de separación
- J. Presión limitada

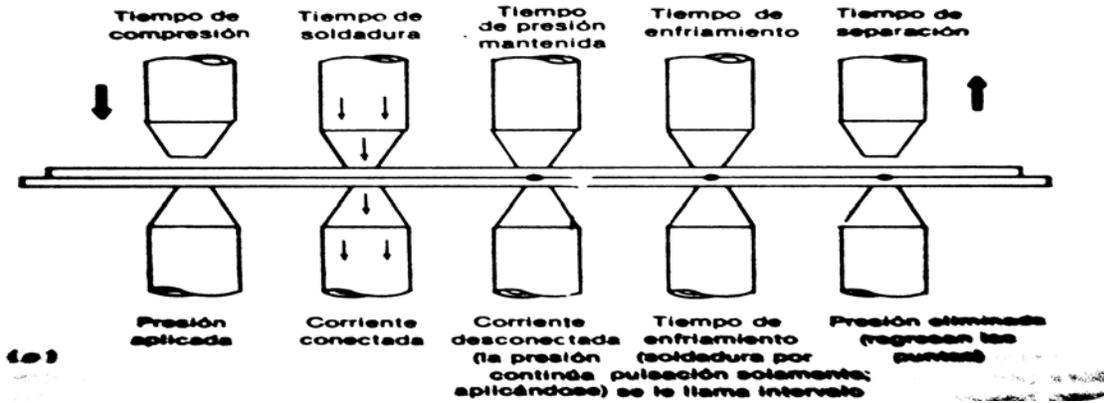


Figura 7.5 Secuencia de operación

#### 7.4 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Los procesos de soldadura de puntos por resistencia difieren de la soldadura por arco en que se usa presión, no se usa metal de aporte o fundentes. Hay cuatro factores implícitos al hacer una operación de soldadura por puntos, estos son:

1. La cantidad de corriente que pasa a través del trabajo.
2. La presión que el electrodo transfiere al trabajo.
3. El tiempo durante el cual la corriente fluye a través del trabajo.
4. El área de la punta del electrodo que esta en contacto con el trabajo.

Se genera calor por el paso de la corriente eléctrica a través de un circuito de resistencia. La cantidad máxima de calor se genera en el punto de resistencia máxima, el cual esta en la superficie entre las partes que están soldando. La corriente alterna, hasta un voltaje bajo, genera un calor suficiente en este punto de resistencia para que el metal alcance un estado plástico.

Se requiere de presión a través de la totalidad del ciclo de soldadura para asegurar un circuito continuo. La cantidad de corriente empleada y el tiempo están relacionadas para superar las perdidas de calor requerido para superar las perdidas de calor y aumentar la temperatura del metal.

En la soldadura de puntos por resistencia; la corriente alta a un bajo voltaje fluye a través del circuito de acuerdo con la ley de Ohm:

$$\mathbf{E = I \times R} \quad \text{--- (7.1)}$$

Donde:

E = voltaje [ V ]

I = Corriente [ A ]

R = Resistencia eléctrica de los materiales[ ohms ]

Para el calculo de la energía calorífica **H** es igual a:

$$\mathbf{H = I \times E \times T} \quad \text{--- (7.2)}$$

donde:

T = es el tiempo en el circuito [ s ]

Al combinarse las ecuaciones ( 7.1 ) y ( 7.2 ) se obtiene:

$$\mathbf{H = I^2 \times R \times T} \quad \text{--- (7.3)}$$

El calor del trabajo del sueldado es proporcional al cuadrado de la corriente de soldadura. Si la corriente se duplica, el calor generado se cuadruplica. El calor de la soldadura es proporcional al tiempo total del flujo de corriente. Si la corriente se duplica, el tiempo puede reducirse, lo cual es recomendable.

El calor de soldadura generado es directamente proporcional a la resistencia, que relaciona el material que esta soldando con el área de contacto y con la presión aplicada.

La presión mecánica, la cual une con fuerza a las partes, ayuda a reforzar la estructura granular del trabajo de soldado. También se genera calor al contacto entre los electrodos de soldadura y el trabajo; esta cantidad de calor generado es mas baja puesto que la resistencia entre el material del electrodo de alta conductividad y el trabajo es menor que la que hay entre las dos piezas del trabajo. En la mayoría de las aplicaciones los electrodos se enfrían por medio de agua para minimizar el calor generado.

Los trabajos sueldados por resistencia se hacen muy rápidamente, sin embargo, cada proceso tiene su propio ciclo de tiempo.

La soldadura por resistencia las emplean en la industria de producción en masa, donde se mantienen corridas de producción así como condiciones consistentes.

## 7.5 METALES SOLDABLES

Los metales que son soldables, el espesor que puede soldarse, y el diseño de la unión están relacionados con los procesos específicos de soldadura de puntos por resistencia.

A continuación se muestra una tabla con algunos metales que son soldables por este proceso en la tabla 7.1.

**Tabla 7.1 Metales soldables por maquinas de punteo por resistencia**

Metal	Soldabilidad	Evaluación de soldabilidad
Aluminio	Soldable	0.75 - 2+
Magnesio	Soldable	1.80
Inconel	Soldable	2 +
Níquel	Soldable	2.15
Latón y bronce	Soldable de modo variable	0.5 – 10 +
Monel	Soldable	2 +
Metales preciosos	Soldable de modo variable	0.16 – 3.0
Aceros al bajo carbono	Soldable	10 +
Aceros a baja aleación	Soldable	10 +
Aceros al alto y mediano carbono	Soldable	10 +
Titanio	Soldable	50 +
Acero inoxidable	Soldable	30 +

Sin embargo, se pueden encontrar dificultades cuando se sueldan ciertos metales en secciones más gruesas. Algunos de los metales requieren un tratamiento térmico después de la soldadura para lograr propiedades mecánicas satisfactorias. La soldabilidad de un metal esta controlada por tres factores:

1. Resistencia especifica.
2. Conductividad térmica.
3. Temperatura de fusión.

El metal con una alta resistencia al flujo de la corriente y con una baja conductividad térmica y una temperatura de fusión relativamente baja es fácilmente soldada.

Todos los metales ferrosos caen dentro de esta categoría; los metales que tienen una resistencia especifica mas baja pero una conductividad térmica más alta, son ligeramente más difíciles de soldar, y esto incluye a los metales ligeros el aluminio y el magnesio.

Los metales refractarios, los cuales tienen puntos de fusión extremadamente altos, son más difíciles de soldar.

Estas tres propiedades pueden combinarse dentro de una formula la cual proporciona una indicación de la facilidad para soldar un metal. Esta formula es la siguiente:

$$W = \frac{R}{FKt} \times 100 \quad \text{--- (7.4)}$$

donde:

W = soldabilidad

R = resistencia

F = temperatura de fusión del metal [ ° C ]

K = conductividad térmica relativa con el cobre igual a 1.00

t = tiempo [ s ]

Sí la soldabilidad esta por debajo de 0.25; tendrá una evaluación deficiente. Si W esta entre 0.25 y 0.75, la soldabilidad se vuelve regular y entre 0.75 y 2.0 la soldabilidad es excelente.

## 7.6 TIPOS DE ELECTRODOS Y SUS USOS

Los electrodos usados para estos procesos realizan tres funciones importantes:

1. Conducen la corriente de soldar a la pieza de trabajo.
2. Transmiten la presión o fuerza apropiada a la zona de la soldadura, para producir una soldadura satisfactoria.
3. Disipan el calor de la zona de la soldadura con mayor o menor rapidez, dependiendo del proceso que se esté empleando y de la necesidad en cuanto a la disipación del calor.

Las formas de la cara de los electrodos se han normalizado, y se identifican por el código elaborado por la RWMA (Resístanse Welder ManUFACTURES Association).

En el código RWMA, el diámetro mínimo de la cara para los electrodos de los tipos a, b, d y e; puede determinarse por medio de la fórmula 7.6:

$$\text{Diámetro de la cara} = 0.10 + 2 t \quad \text{--- (7.5)}$$

En el cual  $t$  = al espesor (en pulgadas) del metal base que hace contacto con el electrodo.

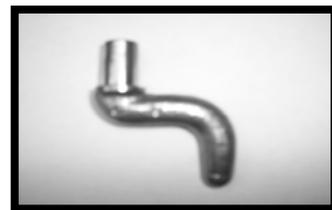
En la figura 7.6, se muestran los tipos de electrodos más usados en la fabricación de radiadores.



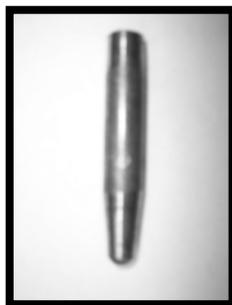
(a)



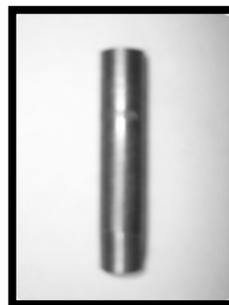
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 7.6 Muestras de electrodos usados en la producción de radiadores

A continuación se describen algunos de ellos:

- a) Con ángulos de  $30^\circ$  se desgasta menos, es recomendado para acero, como el utilizado en la fabricación de la herramientas par afilar.
- b) Con ángulos mayores de  $30^\circ$  sufren mayor desgaste, pero se usan para alcanzar lugares mas difíciles de operar en el proceso
- c) Radio esférico con cara (de  $0.10 + 2 t$ ), se usa extensamente para puntear aluminio y aleaciones de magnesio, el radio terso provee contacto más uniforme y se alinea fácilmente en material que requiere condiciones de punteado y donde las superficies de contacto son importantes, el electrodo es él mas adecuado para trabajar el latón y el bronce, se puntean satisfactoriamente; también es excelente para puntear aceros por su presión uniforme y distribución de corriente y en la mayoría de las soldaduras de punto el desgaste es menor que con otro tipo de contorno del electrodo.
- d) En forma cilíndrica con cara plana, es ideal para trabajar materiales que requieren solo adherirse a otro material para dar fijación y dar un reforzamiento posterior con algún tipo de soldadura

## 7.7 TIPOS DE UNIONES

El tipo de unión que se usa comúnmente para la soldadura por punteo en la fabricación de radiadores es la unión del traslape. La unión del traslape tiene un requerimiento mínimo, el cual se basa en el tamaño del empalme, el cual a su vez se relaciona con el tamaño del electrodo.

La distancia que va desde la línea del centro del empalme hasta el filo de la hoja, conocida como distancia del filo, debe ser por lo menos de  $1 \frac{1}{2}$  veces el espesor del empalme. La separación entre las hojas que se están soldando “no” debe exceder del 10% de la hoja más delgada. En la figura 7.7 se puede observar un pieza ya terminada en el proceso

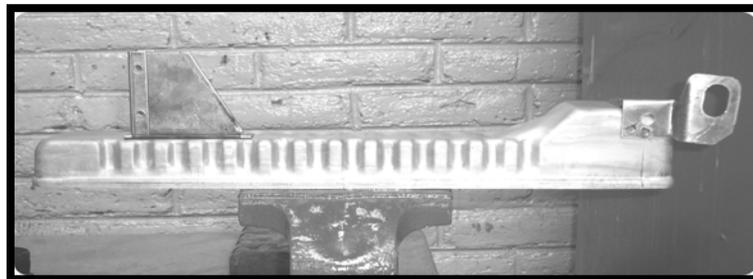


Figura 7.7 Muestra terminada después de la aplicación del proceso de soldadura de resistencia por puntos

## 7.8 MAQUINAS SOLDADORAS DE PUNTOS POR RESISTENCIA

Entre las máquinas soldadoras se consideran las siguientes:

- Las máquinas de un solo punto o de punto individual y las máquinas de punto múltiple.

Una máquina de punto individual como la de la figura puede ser de tipo de asta, de brazo movable, o de prensa. Las máquinas de tipo de asta tienen un brazo con electrodo superior movable o pivote, el cual se ve activado por la energía física del operador, por aire, o por energía hidráulica. (figura 7.8)



Figura 7.8 Máquina punteadora de accionamiento manual

- La máquina de brazo oscilante de la figura es el tipo más sencillo y también el más usado. Se le puede adaptar fácilmente para la soldadura ordinaria por puntos en la mayoría de los metales soldables, y generalmente se fabrica en tres tipos de funcionamiento: con aire, por pedal y por medios mecánicos. (figura 7.9)



Figura 7.9 Máquina punteadora de accionamiento neumático

Para todas las máquinas excepto las más pequeñas, se usa agua para enfriar los electrodos. La RWMA ha estandarizado y clasificado las soldadoras estándar por puntos. Esta información se muestra en la tabla 7.2, la cual proporciona el tamaño, la evaluación KVA y la profundidad de la garganta.

**Tabla 7.2 Evaluación KVA y características**

Tipo de maquina soldadora	Tamaño RWMA	Evolución KVA	Enfriamiento del electrodo	Profundidad nominal De garganta (in)
Maquinas soldadoras Por punto de brazo Movable	000	5	Aire	8, 12, 16
	00	7.5	Aire	8, 12, 16
	0	10	Aire	8, 12, 16
	1	15	Aire o agua	12, 18, 24
			Agua	12, 18, 24, 30, 36
	2	30	Agua	12, 18, 24, 30, 36
	3	50		
Maquina soldadora Por proyección y del Tipo de prensa por puntos	000	5	Agua	6, 8
	00	20	Agua	6, 8
	0	30		
	1	50	Agua	6, 8
		30		
		50		
	2	75	Agua	12, 18, 24, 30, 36
		100		
	3	150	Agua	12, 18, 24, 30, 36
		150		
		200	Agua	12, 18, 24, 30, 36
		300		
	4	400		
		500	Agua	12, 18, 30

## CAPITULO 8

### EL PLASTICO COMO FUTURO DEL RADIADOR

En la actualidad debido a los grandes avances en el procesamiento de los plásticos, además de que hay algunos compuestos plásticos que cubren algunas propiedades de los metales o en su caso llegan a estar muy cerca de estas, se ha vuelto la era de los plásticos.

Algunas de las causas que se consideran mas importantes del porque, el uso de los plásticos tiende a tener mayor uso la fabricación de los radiadores se pueden considerar las siguientes:

- Menor costo en los procesos
- Son mas ligeros

#### 8.1 PROPIEDADES FAVORABLES O DESFAVORABLES DE LOS PLÁSTICOS

(a) Propiedades de los plásticos que pueden ser favorables.

1. Peso ligero.
2. Alta resistencia al choque y a la vibración.
3. Alta resistencia química y a la humedad.
4. Transparentes o translucidos.
5. Tienden a absorber la vibración y el sonido.
6. Alta resistencia a la abrasión y al uso.
7. Prelubricados.
8. Con frecuencia, fáciles de fabricar.
9. Pueden tener color uniforme
10. Con frecuencia el costo es menor por parte terminada.

(b) Propiedades de los plásticos que pueden ser desfavorables.

1. Baja resistencia.
2. Alta expansión térmica.
3. Mas susceptibles a la ruptura por fatiga, flujo a temperaturas bajas y deformación bajo carga.

4. Baja resistencia al calor, tanto a la degradación térmica como a la distorsión por calor.
5. Mas propensos a volverse quebradizos a bajas temperaturas.
6. Suaves.
7. Menos dúctiles.
8. Cambios dimensionales debido a la absorción de humedad y solventes.
9. Flamables.
10. Algunas variantes son degradadas por la radiación ultravioleta.

(c) Propiedades que pueden ser favorables o desfavorables.

1. Son flexibles. Aun las variedades rígidas, tienen mayor \*resiliencia que los metales.
2. No conducen la electricidad.
3. Son aislantes térmicos.
4. Son formados a través de la aplicación de calor y presión.

## 8.2 SELECCIÓN DE PLÁSTICOS

Los plásticos son compuestos orgánicos sintéticos (resinas) cuyas materias primas y productos intermedios se muestran en la tabla 8.1.

Los productos finales son sólidos, aunque en alguna etapa de su procesamiento son fluidos bastantes fáciles de formar por aplicación de calor y presión.

Los dos tipos básicos de plásticos son:

- Resinas termoplásticas que pueden reprocesarse algunas veces sin ocasionar un cambio en su composición química.
- Resinas termofijas. No pueden ser procesadas debido a que se ocasionaría un cambio en su composición química.

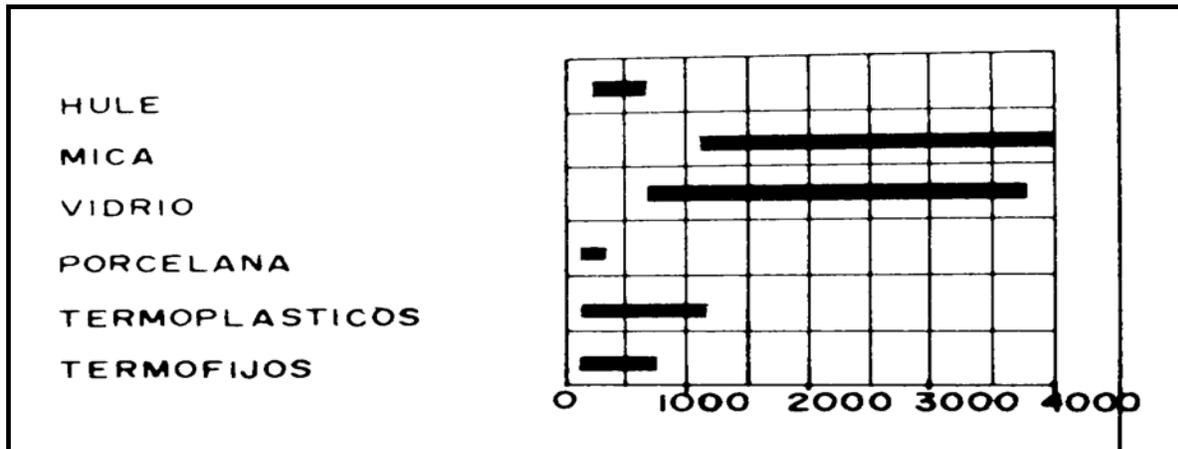
\*resiliencia. Capacidad que tiene un material de sufrir una deformación y regresar a su forma original

**Tabla 8.1 Materias primas y productos intermedios para obtener plásticos**

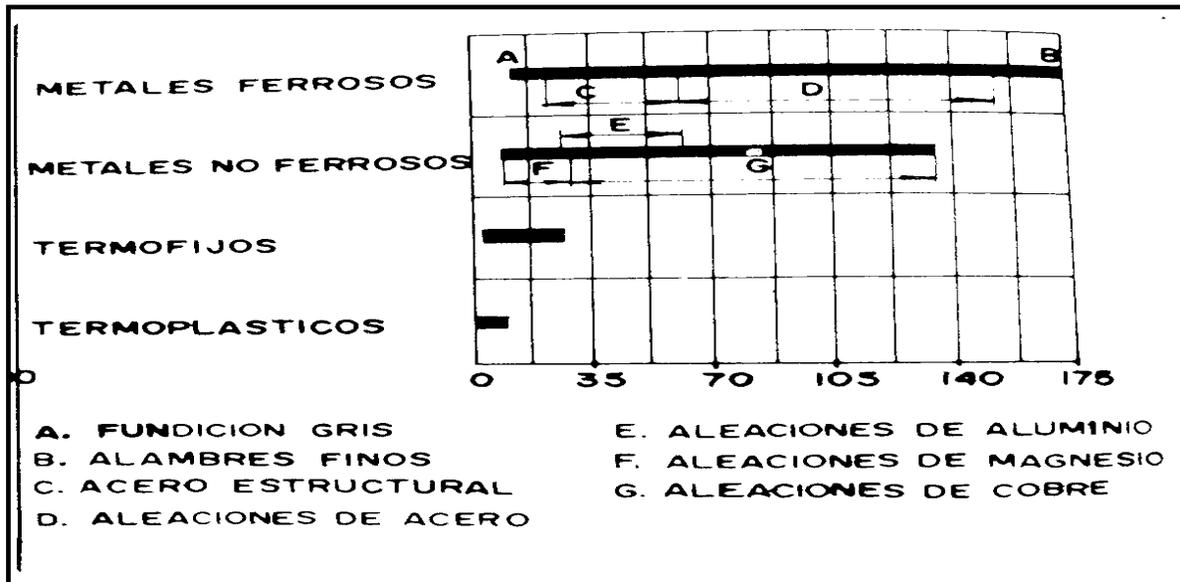
	Primera materia	Productos intermedios	Materias plásticas
Animales	Gomas animales	Aceites	Rilsan y Barnices
Vegetales	Gomas vegetales	Fenol	Nylon, resinas o Fenoplastos
Minerales	Hulla	Acetileno ( a partir del carburo de calcio obtenido con coque y cal)	Resinas acrílicas, acetatos de celulosa, polivinilo, neopreno y cauchos sintéticos, plexiglas y fibras textiles.
Compuestos orgánicos	Petróleo y Gas natural	Propileno	Acetato de celulosa y resinas gliceroftalicas

**8.3 Graficas comparativas de algunas propiedades entre plásticos y diferentes materiales.**

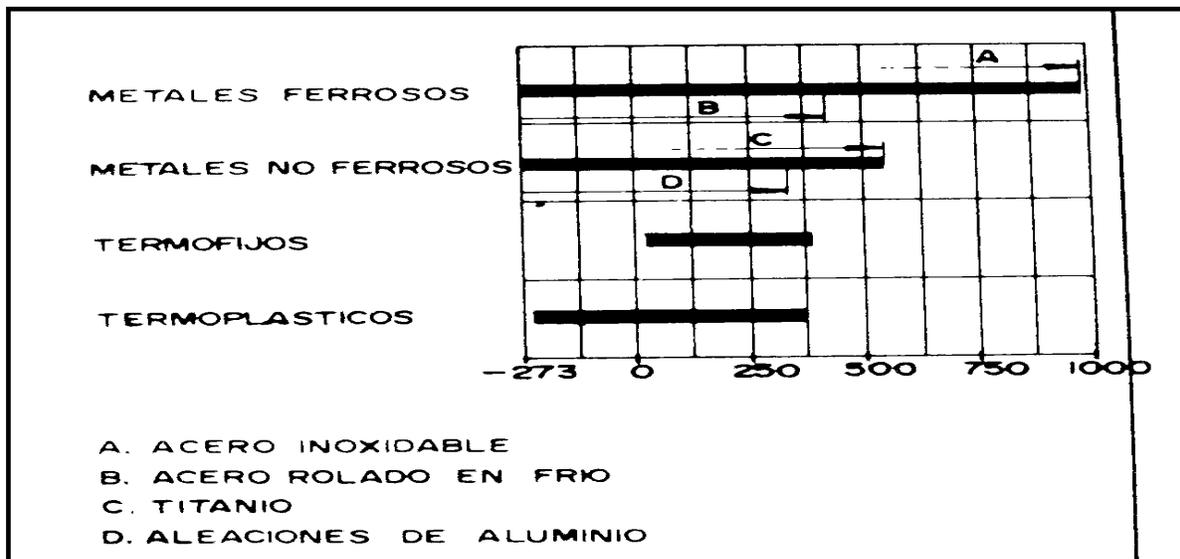
En las figuras 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 y 8.5 se muestran distintas graficas donde se comparan distintos plásticos con otros materiales.



**\*Figura 8.1 Resistencia dieléctrica (v / mil)**

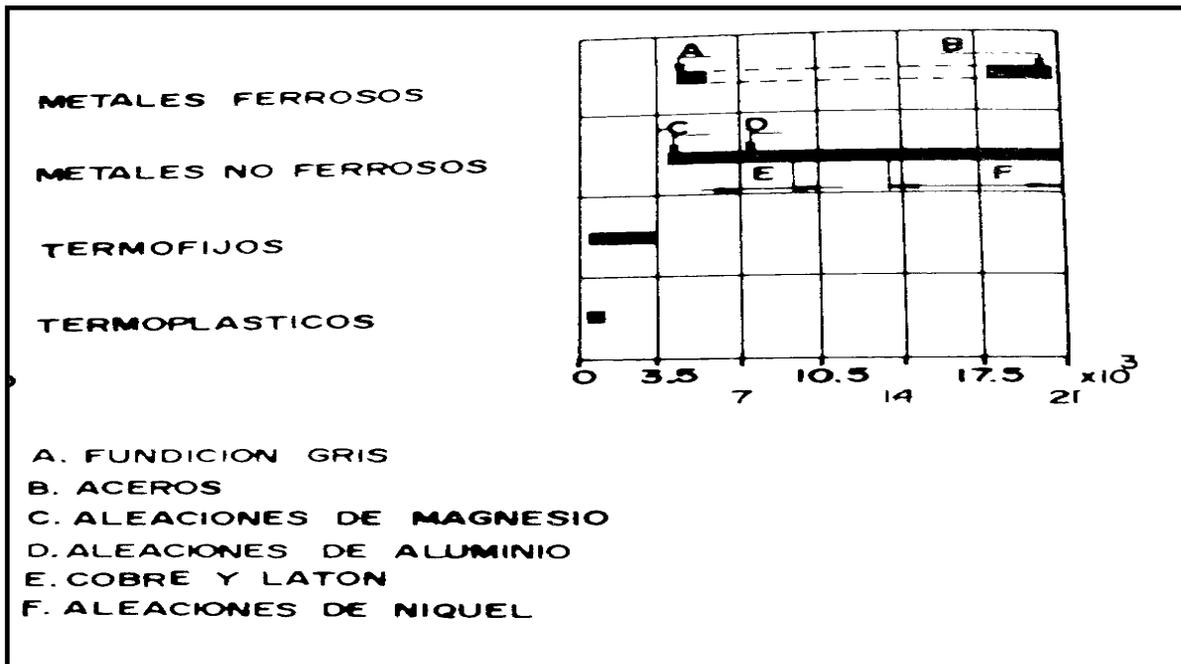


\*Figura 8.2 Resistencia a la tensión (kg / mm<sup>2</sup>)

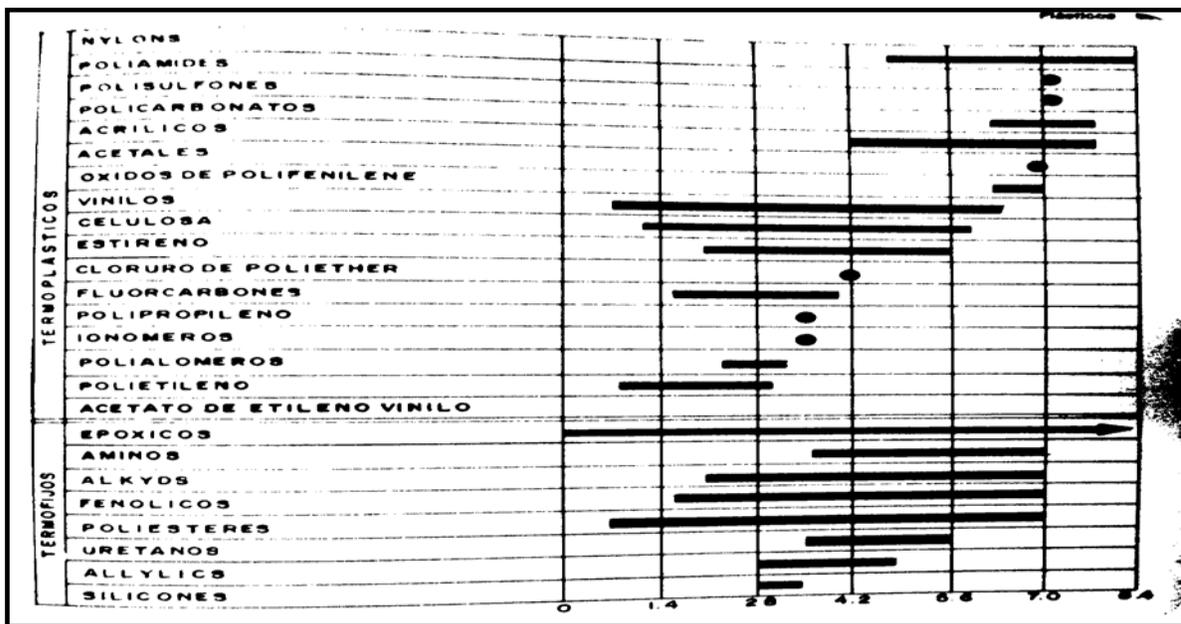


\*Figura 8.3 Rango útil de temperaturas (°C)

\* Ref. biblio. Obtención y procesamiento de los plásticos. C. E. Ferguson F.C.E. Inglaterra 1980. cap.4 pag. 125 - 149.



\*Figura 8.4 Modulo de elasticidad (kg / mm<sup>2</sup>)



\*Figura 8.5 Resistencia a la tensión (kg / mm<sup>2</sup>)

\* Ref. biblio. Obtención y procesamiento de los plásticos. C. E. Ferguson F.C.E. Inglaterra 1980. cap.4 pag. 125 - 149.

#### 8.4 Partes plásticas de un radiador

En los procesos de fabricación de los radiadores, todos los componentes plásticos provienen en su mayoría de Estados Unidos; debido a que en este país se cuenta con una mayor infraestructura para realizar este tipo de productos y tiene una mayor calidad en ellos.

A continuación se detallan cada uno de los componentes de los radiadores que pueden ser sustituidos por elementos plásticos:

Depósitos de líquido refrigerante (tanques). Como se observa en la figura 8.6, se tienen solo los componentes del enfriador de metal; y los dos depósitos de anticongelante son totalmente de plástico.



**\*\*Figura 8.6 Tanques obtenidos de la inyección del plástico**

En los tanques de plástico al realizar su diseño en un molde donde se llevara a cabo la inyección, al final éste ya contiene todos los elementos como tubos de entrada y salida, tuerca para drenado y los demás elementos de los tanques. .

*\* \*Ref. biblio. [www.proliance.com](http://www.proliance.com)*

A los radiadores para darles una apariencia y sobre todo, protección contra la corrosión, se le da un baño de pintura. Esta pintura contiene un compuesto químico que deja sobre el radiador un recubrimiento plástico como el mostrado en la figura 8.7.



**\*\*Figura 8.7 Radiador pasado por el proceso de pintura**

Una vez terminado el radiador, se adicionan los componentes auxiliares para su cuidado en el manejo o transportación de los mismos y los accesorios de montaje necesarios dependiendo del modelo como se muestra en la figura 8.8.



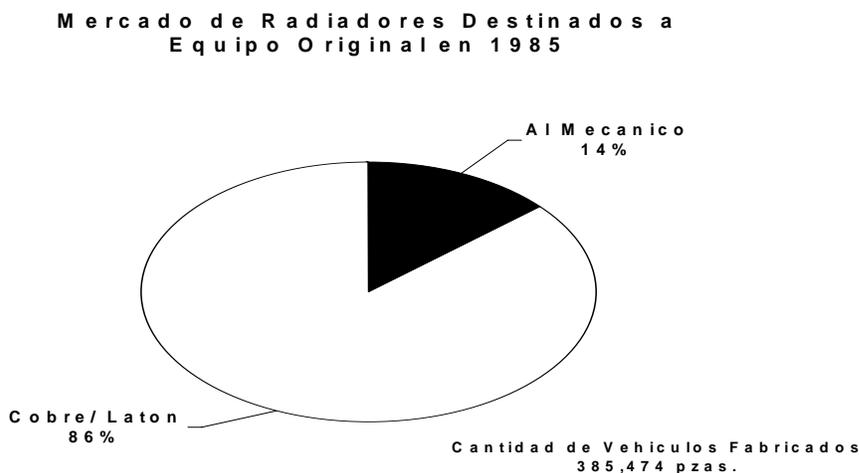
**\*\*Figura 8.8 Kits de instalación con partes metálicas y plásticas**

Con todo esto, el uso del plástico ha venido en los últimos años a desplazar a los metales; principalmente por el factor económico.

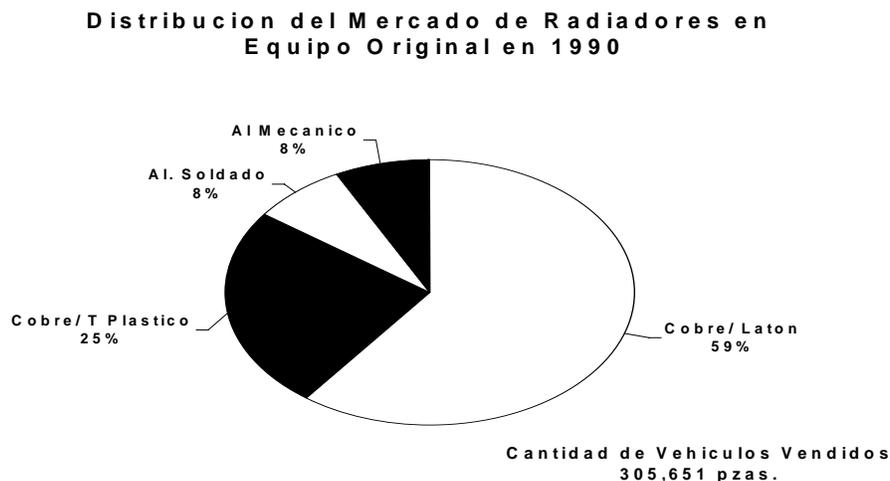
\* *Ref. biblio. [www.proliance.com](http://www.proliance.com)*

## 8.5 Graficas evolutivas del radiador de cobre/latón vs aluminio/plástico

En el mercado donde se manejan los radiadores de diferentes usos y formas, el cliente al tener un bajo poder adquisitivo en los últimos años se inclino por el radiador con componentes plásticos como se muestra en las graficas de las figuras 8.8, 8.9, 8.10 y 8.11.



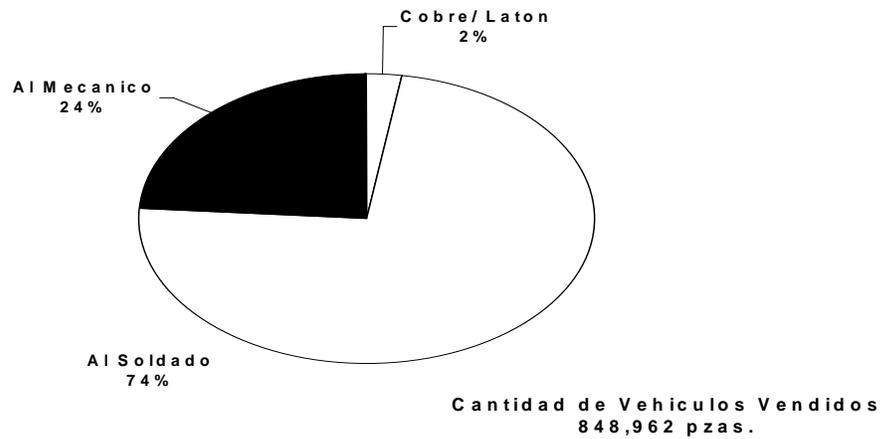
**\*\*\*Figura 8.8 Evolución del mercado en 1985**



**\*\*\*Grafica 8.9 Evolución del mercado en 1990**

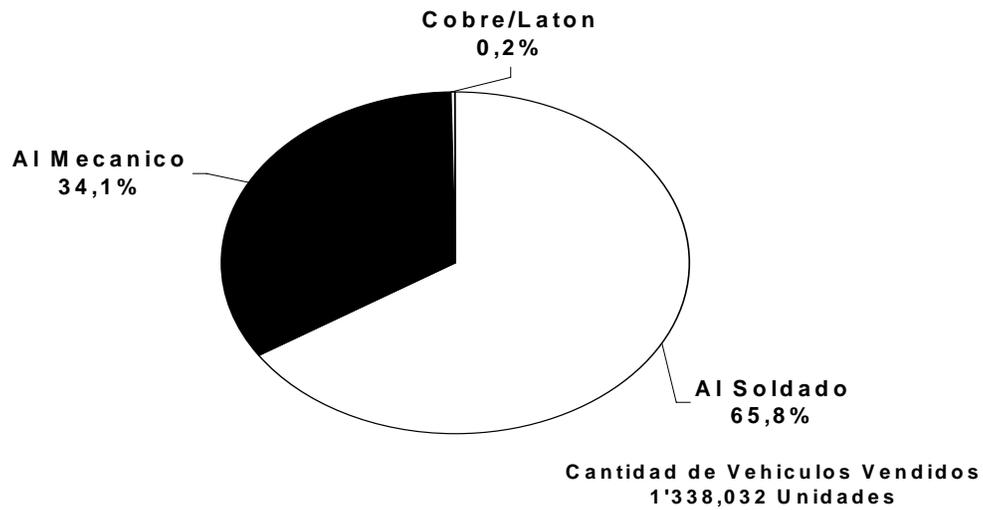
*\*\*\*Ref. biblio. [www.transpro.com](http://www.transpro.com)*

### Mercado de Radiadores Destinados a E. Original en 2000



\*\*\* Grafica 8.10 Evolución del mercado en el 2000

### Mercado de Radiadores destinados a E.Original en 2008

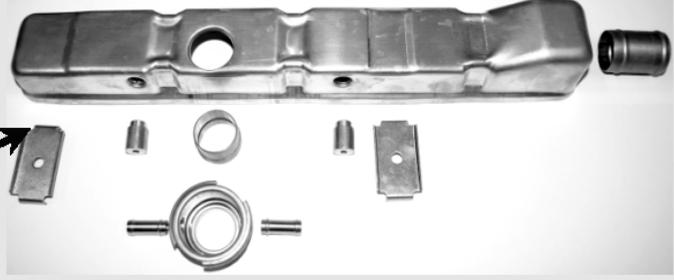


\*\*\* Grafica 8.11 Proyección de ventas para el 2008

\* \*\*Ref. biblio. [www.transpro.com](http://www.transpro.com)

## 8.6 Comparativo de fabricación del radiador de cobre/latón vs aluminio/plástico

Debido a esto es conveniente hacer una comparación de cada uno de los radiadores, tanto en metal, figura 8.12 y con plástico, figura 8.13:

	<b>MEJORAS A REALIZAR EN LOS RADIADORES.</b>	<b>Julio / 2004</b>
<p><b>RADIADOR COBRE – LATÓN CONVENCIONAL</b></p>  <p><b>FABRICACIÓN DE PARTES:</b> 48 Operaciones</p> <p><b>ENSAMBLE DE RADIADOR:</b> 18 Operaciones</p> <p><b>TOTAL:</b> 66 Operaciones</p> <p><b>TIEMPO TOTAL DE FABRICACION:</b> 1.155 Horas Hombre / Radiador</p>	<div data-bbox="800 604 1474 884">  <p><b>PARA EL TANQUE SUPERIOR</b> se disminuirá la fabricación de tanques, conexiones (fabricadas o maquiladas) y soportes. Además se reducirá el uso de soldaduras y las correspondientes operaciones de soldadura.</p> </div> <p><b>EL PROCESO DE ENSAMBLE DE LOS PANALES NO SUFRIRÁ CAMBIOS IMPORTANTES.</b></p> <div data-bbox="800 1108 1474 1409">  <p><b>PARA EL TANQUE INFERIOR</b> se disminuirá la fabricación de tanques, conexiones (fabricadas o maquiladas) y soportes. Además se reducirá el uso de soldaduras y las correspondientes operaciones de soldadura.</p> </div>	

\*\*\*\*Figura 8.12 Radiador con componentes totalmente de metal

\* \*\*Ref. biblio. [www.modine.com](http://www.modine.com)

**RADIADOR COBRE – LATÓN  
CON TANQUES DE PLASTICO.**



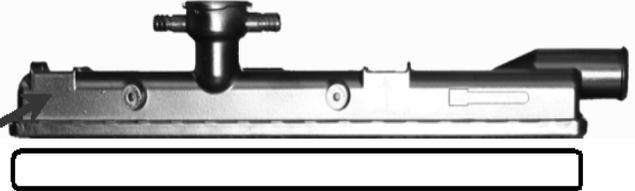
FABRICACIÓN DE PARTES:  
15 OPERACIONES

ENSAMBLE DE RADIADOR:  
13 OPERACIONES

TOTAL:  
28 Operaciones

TIEMPO TOTAL DE FABRICACION:  
0.4364 Horas Hombre / Radiador

INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD:  
164 %



**EL TANQUE SUPERIOR DE PLASTICO** se fabrica con todas las conexiones y soportes necesarios, solo es necesario adquirir los sellos de hule y la maquina Clincher para la instalación de los tanques.

**EL PROCESO DE ENSAMBLE DE LOS PANALES NO SUFRIRA CAMBIOS IMPORTANTES, SOLO ES NECESARIO PINTAR LOS PANALES.**



**EL TANQUE INFERIOR DE PLASTICO** se fabrica con todas las conexiones y soportes necesarios, si es el caso solo es necesario instalar mecánicamente los enfriadores de aceite y sus conectores, la misma maquina Clincher se utilizará para la instalación de los tanques.

\*\*\*Figura 8.13 Radiador con componentes totalmente plásticos.

\*\*\*Ref. biblio. [www.modine.com](http://www.modine.com)

En la tabla 8.2 se encuentran aquellos componentes que se pueden sustituir por plástico en un radiador de metal.

**Tabla 8.2 Componentes sustituibles por plástico en un radiador**

Componente del radiador	Parte de metal	Parte de plástico
Panel del radiador	◆	
Cabezales de sujeción	◆	
Laterales de montaje	◆	
Tomas de entrada y salida de líquido refrigerante	◆	◆
Cuello de llenado del radiador	◆	◆
Soportes y pernos de montaje	◆	◆
Conexiones del radiador	◆	◆
Kits de instalación	◆	◆

## **CONCLUSIONES**

**Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:**

- 1. El radiador es de gran importancia para un adecuado funcionamiento de los vehículos automotrices, ya que como se menciona el motor se considera el alma del mismo y siempre debe tener sus niveles de temperatura en condiciones óptimas de operación.**
- 2. El uso del anticongelantes permite dar mayor rango de temperatura y evitar la congelación o evaporización del mismo, además de evitar la oxidación de los componentes del motor del radiador.**
- 3. Para la selección del material adecuado deben considerarse sus propiedades físicas y mecánicas.**
- 4. Es de suma importancia conocer aquellos procesos de manufactura, por medio de los cuales se pueden procesar los materiales seleccionados; considerando tres aspectos principales como son:**
  - Calidad**
  - Productividad**
  - Bajo costo**
- 5. En los procesos de trabajo en frío al tener una amplia variedad de aplicaciones, se pueden obtener varios productos en diferentes diseños; como los que se ejemplifican en este trabajo.**
- 6. La importancia que tiene el uso o conocimiento de maquinas de control numérico ( CNC ), para facilitar el trabajo humano y requerir de menores riesgos laborales.**
- 7. Dependiendo del gas industrial a usar, podemos obtener diferentes uniones de materiales por medio de algún proceso de soldadura como los que se mencionaron en este trabajo. Como el gasflux que es una excelente alternativa para modificar el proceso de soldadura oxiacetileno y dar mayores beneficios al producto requerido**

- 8. Al manejar materiales que van a soportar esfuerzos como deformación, tensión o compresión, los procesos de soldadura MIG y el de resistencia eléctrica son una buena alternativa; ya que como se indicó en este trabajo tienen una gran variedad de aplicaciones y se pueden mejorar ciertas características de algunos materiales.**
- 9. Finalmente, se muestra como en la actualidad el plástico ha venido ganando terreno a nivel mundial, ya que no solo en los radiadores ha influenciado; sino que en aquellos productos con componentes metálicos algunos de ellos han sido sustituidos por algún componente plástico. Esto debido principalmente para reducir los costos, obtener un mejor precio de venta y tener mayor competitividad en el mercado**

## BIBLIOGRAFIA

1. Proceso de manufactura (versión SI)  
B. H. Amstead, F. Ostwald y M. L. Begeman  
Edit. CECSA. Alemania, 1985.  
Traducción al español en 1998.
2. Materiales y procesos de manufactura para ingeniería.  
Lawrence E: Doyle  
Edit. P. may Hispanoamericana. España, 1985.
3. Manual de Soldadura.  
L. A. Koellhoffer, A. F. Manz y E. G. Hornberger  
Edit. LIMUSA. R. Unido, 1995  
Traducción al español en 1998.
4. Soldadura: Aplicaciones y practica.  
Henry Howwitz  
Edit. ALFAOMEGA. España. 1997
5. Procesos para ingeniería de manufactura.  
Leo Alting.  
Edit. ALFAOMEGA. España. 1990
6. Fundamentos de manufactura moderna.  
Mikell P. Groover.  
Edit. P. Hall Hispanoamericana. Colombia. 1996
7. Trasferencia de calor aplicada a la ingeniería  
James R. Welty  
Edit. LIMUSA. Argentina. 1978
8. Fundamentos de Transferencia de calor.  
Jaime Cervantes de G.  
Edit. Fondo de cultura económica. México. 1999
9. [www.infra.com.mx](http://www.infra.com.mx).
1. [www.gasflux.com.mx](http://www.gasflux.com.mx)
2. [www.soldadurasomega.com.mx](http://www.soldadurasomega.com.mx).
3. [www.nacobre.com.mx](http://www.nacobre.com.mx)

4. [www.etal.com.mx](http://www.etal.com.mx)
5. [www.unimetal.com.mx](http://www.unimetal.com.mx)
6. [www.transpro.com](http://www.transpro.com)
7. [www.proliance.com](http://www.proliance.com)
8. [www.modine.com](http://www.modine.com)
9. [www.itesm.com.mx](http://www.itesm.com.mx)