



**Número UNO en soldadura**

UNA COMPAÑÍA **ESAB**

*SOLUCIÓN INTEGRAL EN UNIÓN Y CORTE DE MATERIALES*

---

# **MANUAL DE SOLDADURA**

---

Av. (Cra.) 68 No. 5-93 - PBX: 417 62 88

Email: [westarco@esab.com.co](mailto:westarco@esab.com.co)

[www.westarco.com](http://www.westarco.com)

Bogotá, D.C.



# INSTITUTO DE SOLDADURA

Lo invita a participar en nuestros programas de capacitación:

## Cursos Prácticos:

- SMAW
- GMAW
- GTAW
- FCAW

## Niveles:

- PLATINA BÁSICA
- FILETE
- PLATINA BISELADA
- TUBERIA BÁSICA
- TUBERIA ASME
- TUBERIA API

## SERVICIOS:

### CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y SOLDADORES

### LABORATORIO MECÁNICO Y QUÍMICO

### ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS:

- ULTRASONIDO
- PARTICULAS MAGNÉTICAS
- LÍQUIDOS PENETRANTES
- MEDICIÓN DE ESPESORES

Mayores informes PBX: (1) 417 6288  
Email: [cursos@westarco.com](mailto:cursos@westarco.com)  
Av. Cra. 68 # 5 - 93 - Bogotá, D.C.  
[www.westarco.com](http://www.westarco.com)

# SEMINARIOS ESPECIALIZADOS

Lo invitamos a participar en nuestros programas de capacitación y Seminarios Especializados:

- FUNDAMENTOS DE INSPECCIÓN VISUAL EN LAS UNIONES SOLDADAS
- INSPECCIÓN VISUAL Y DISCONTINUIDADES EN LAS UNIONES SOLDADAS
- INSPECCIÓN VISUAL PARA LA SOLDADURA DE ORNAMENTACIÓN
- CONSTRUCCIÓN E INTERPRETACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDEO SEGÚN EL ESTÁNDAR AWS A2.4:2012
- CONCEPTOS PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS EN LA FABRICACIÓN DE UNIONES SOLDADAS
- MANEJO DE GALGAS PARA LA INSPECCIÓN DE UNIONES SOLDADAS
- EL SUPERVISOR DE SOLDADURA SEGÚN EL ESTÁNDAR AWS B5.9:2006 MANEJO DEL ESTÁNDAR API 1104, EDICIÓN 2013
- CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL AWS D1.1: 2010, ÉNFASIS CLAÚSULAS 3 y 4
- MANEJO DE LA PARTE QW (Qualification Welding) DE LA SECCION IX DEL CÓDIGO DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN DE ASME, EDICIÓN 2013
- ENTRENAMIENTO PARA LA PRESENTACIÓN DE EXÁMENES PARA CALIFICARSE Y CERTIFICARSE COMO INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS
- SOLDADURAS DE MANTENIMIENTO
- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INDUSTRIA
- CURSO Y CERTIFICACIÓN COMO NIVEL I Y NIVEL II EN EL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES SEGÚN LA PRÁCTICA RECOMENDADA SNT TC-1A
- ENTRENAMIENTO Y CERTIFICACIÓN COMO NIVEL I Y NIVEL II EN INSPECCIÓN VISUAL SEGÚN LA PRÁCTICA RECOMENDADA SNT TC-1A
- EL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Mayores Informes PBX: (57 1) 4176288 EXT 1202 - 1159  
Email: [instituto@westarco.com](mailto:instituto@westarco.com) - [cursosespecializados@westarco.com](mailto:cursosespecializados@westarco.com)  
Av. Cra 68 # 5-93 - Bogotá, D.C.  
[www.westarco.com](http://www.westarco.com)

# PROLOGO

Con el mejor deseo de contribuir al desarrollo industrial del país, como lo ha venido haciendo desde hace más de 50 años, **SOLDADURAS WEST-ARCO S.A.S.**, por intermedio de su División West-Arco decidió elaborar el presente MANUAL DE SOLDADURA.

Este es resultado de la experiencia adquirida en los diversos aspectos de producción, control de calidad, problemas tecnológicos, escuela de soldadores y asistencia técnica.

Se ha procurado utilizar un lenguaje sencillo al alcance de todos, de modo que este libro sea en una rama tan especializada y técnica como la soldadura; una guía útil, comprensible y apta para servir de elemento de trabajo y de consulta en las Escuelas Técnicas y en las Universidades.

Recomendamos que antes de proceder a efectuar alguna aplicación el lector estudie bien su caso, el material a utilizar, el tipo de corriente disponible, especificaciones o condiciones de servicio, electrodo que puede utilizar, etc.

Si es necesario consultar ponemos a disposición, de quien así lo requiera, nuestro Departamento de Servicio Técnico el cual está siempre dispuesto a atender cualquier consulta.

Agradeceremos cualquier comentario que contribuya a mejorar el contenido de la presente edición.



# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE SOLDAR**

## CAPITULO I

### GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE SOLDAR

En términos generales se entiende por soldadura, la unión de dos o más materiales entre sí, en tal forma que queden como una sola pieza. En nuestro caso los materiales serán metálicos.

En términos más técnicos la soldadura es una coalescencia localizada, de metal, donde ésta es producida por calentamiento a una temperatura adecuada, con ó sin aplicación de presión y con ó sin el uso del metal de aportación. Se entiende por coalescencia, la acción en virtud de la cual se logra la unión de dos (2) o más materiales.

La industria y la ciencia han tratado de usar todas las clases de energía conocidas, para unir o soldar los metales. Las clases de energía se pueden clasificar en cuatro grupos como son: Eléctrica, Química, Óptica y Mecánica.

En el siguiente cuadro sinóptico, se enumeran las diferentes fuentes de energía, con sus respectivas modalidades describiéndose para cada una el sistema de obtención del calor (Ver pág.11).

### DIFERENTES PROCESOS DE SOLDAR

#### 1.1.1- Soldadura por Forja:

Proceso en donde las partes a soldar son llevadas a un estado pastoso, por medio de un calentamiento independiente del proceso (hornos, oxiacetileno, etc.). La suelda se completa por medio de golpes a presión.

El proceso de soldadura por forja tiene dos (2) variaciones: Soldadura por martillo, donde las piezas son unidas por la acción de un martillo manual o mecánico y soldadura por «Dado » donde la unión es obtenida por medio de dados o rodillos ((Fig.1-1 y Fig.1-2).

La soldadura por forja se utiliza en gran parte en la fabricación de tubería. El método que utiliza rodillos, es para tubería de tamaño considerable mientras que la que utiliza dados, es para tubería relativamente pequeña.

#### 1.1.2 Soldadura por Fricción

Como se expuso en el cuadro sinóptico, en la soldadura por fricción se produce la unión entre dos (2) piezas, utilizando el calor generado por la fricción obtenida entre un elemento en rotación y uno estacionario, sujetos a una fuerza de contacto.

FUENTE DE ENERGIA	ELECTRICA	ARCO:	Una descarga eléctrica relativamente grande ocurrida a través de una columna gaseosa térmicamente ionizada llamada plasma. La temperatura del arco eléctrico varía entre 5.000°C y 30.000°C y se constituye en el sistema de obtención del calor.
		RESISTENCIA:	La resistencia de los materiales al flujo de corriente eléctrica, genera calor.
		RADIACION POR ARCO:	El calor originado por un arco eléctrico, se transfiere por radiación al trabajo.
		FLUJO CONDUCTOR:	La resistencia, al paso de la corriente eléctrica, de una “escoria” fundida depositada sobre un metal, genera calor suficiente para fundirlo.
		INDUCCIÓN:	Excitando una bobina con corriente alterna o alta frecuencia o introduciendo en esta un metal conductor de electricidad, se inducen en el metal corrientes eléctricas que originan, debido a la resistencia del metal, el calentamiento del mismo.
	QUIMICA	OXIACETILENICA	La combustión de acetileno ( $C_2H_2$ ) en una atmósfera de Oxígeno ( $O_2$ ) produce una flama que alcanza una temperatura de 3.500°C.
		TERMITA:	Una mezcla de aluminio en polvo con óxido de hierro, al encenderse, reacciona liberando calor; produciéndose hierro puro que fluye con una temperatura de 2.750 grados centígrados.
		DISOCIACIÓN DE HIDRÓGENO:	Las moléculas de hidrógeno están formadas por dos átomos de hidrógeno, estos átomos se separan absorbiendo calor, al quedar en contacto con el metal “frío” los átomos se unen nuevamente liberando sobre el trabajo el calor absorbido.
	OPTICA	LASER:	La generación del calor se logra por la energía de un rayo de luz concentrado, al ser enfocado sobre el trabajo.
		RAYO DE ELECTRONES:	El calor se obtiene, por la energía suministrada al trabajo, al ser bombardeado con un rayo dirigido de electrones.
MECANICA		FRICCIÓN:	El calor se obtiene, por la fricción generada entre un elemento en rotación y uno estacionario sujetos a una fuerza de contacto.
		ULTRASÓNICA:	Similar a la anterior, el calor se obtiene por la fricción entre dos elementos en contacto uno de los cuales, está vibrando a alta frecuencia.

**NOTA:** Forja y estado sólido son dos procedimientos donde la unión se logra aplicando calor por métodos independientes al proceso.



Puede haber tres (3) modalidades:

1. Velocidad de rotación relativamente lenta, con una alta fuerza de contacto.
2. Velocidad de rotación alta, y una fuerza baja de contacto.
3. Utilización de un volante que se desconecta de la fuente de movimiento, antes de iniciar la solda. (Soldadura por inercia).

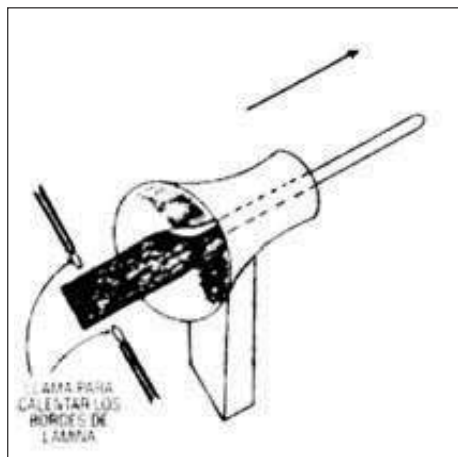
En la última modalidad, la velocidad de rotación disminuye gradualmente el ciclo de soldado.

Este proceso requiere que el elemento que rota, sea simétrico con respecto al eje de rotación. Este proceso se está utilizando para unir metales de composición diferente y que den problema por el sistema de soldadura por fusión.

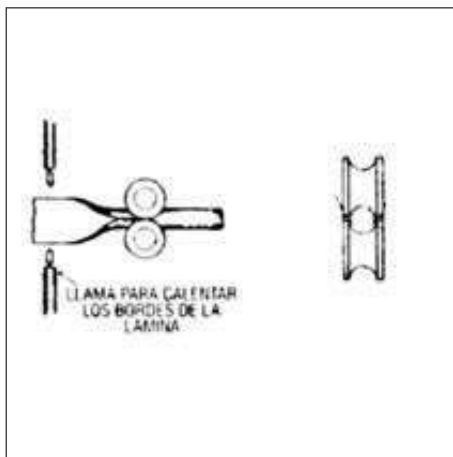
### 1.1.3-Soldadura Oxiacetilénica:

De todos los gases disponibles, el acetileno en contacto con oxígeno, proporciona la llama de mayor temperatura. La temperatura máxima es de 3.500 °C aproximadamente y se presenta en el extremo del cono interior.

La mayoría de las soldaduras efectuadas con el proceso oxiacetilénico se obtienen fundiendo los materiales en el punto de la unión y utilizando algún material de aportación para llenar la separación que usualmente existe entre las dos (2) piezas.



**FIG.1.1**  
**SOLDADURA POR FORJA EN**  
**QUE LA PRESION ES OBTENIDA**  
**CUANDO EL MATERIAL PASA**  
**POR UN LADO**



**FIG.1.2**  
**SOLDADURA POR FORJA**  
**EN QUE LA PRESION ES**  
**OBTENIDA CUANDO EL**  
**MATERIAL PASA POR LOS**  
**RODILLOS**

Con éste procedimiento se puede obtener fácilmente un control de la temperatura de la pieza, sin embargo, si se calientan áreas considerables del metal, se crea el peligro de la distorsión.

#### 1.1.4 - Soldadura por Aluminotermia

Se basa en la mezcla física de aluminio en polvo y óxido de hierro en una proporción de 1 a 3 respectivamente, produciendo hierro puro que fluye con una temperatura de 2.750 °C., fenómeno que ocurre en 30 segundos aproximadamente. La reacción es la siguiente:



Las secciones que se van a soldar deben estar separadas de acuerdo al tamaño de la pieza. Se llena la separación con cera y se forma una saliente a todo el rededor de la unión. Se arma una caja de moldeo que rodea totalmente la unión, en donde se deposita y apelmaza arena de moldeo.

Todo el conjunto se calienta para efectos de derretir, vaciar la cera y precalentar las superficies por soldar. Se inicia la reacción entre el óxido de hierro y el polvo de aluminio, y el hierro fundido fluye dentro del molde, el cual al depositarse dentro de la cavidad del mismo, suministra calor suficiente a las paredes de la pieza para que éstas lleguen a la temperatura adecuada para la coalescencia.

Este procedimiento se utiliza primordialmente para trabajos de reparación de maquinaria pesada y en trabajos en donde las secciones por soldar son muy grandes.

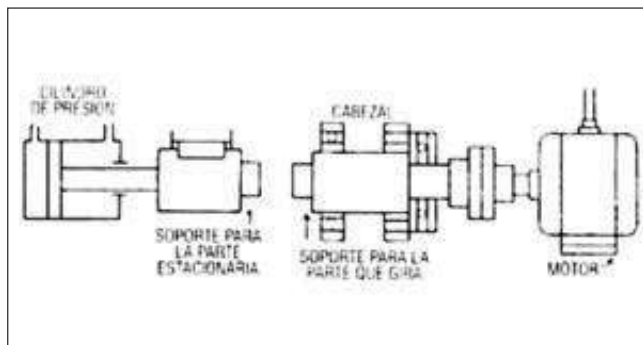
#### 1.1.5 - Soldadura por Resistencia

La coalescencia en ésta gama de procesos de soldadura, es producida por la aplicación de presión y por el calor obtenido de la resistencia del material y la de espacio entre las piezas por unir, al flujo de corriente.

Debido al uso de presión se puede obtener coalescencia con temperaturas relativamente bajas, si se compara éste proceso con el oxiacetilénico.

Como la temperatura de trabajo se puede obtener en una fracción de segundo, la soldadura por resistencia se puede aplicar rápidamente y a un costo relativamente bajo. Razón por la cual este proceso se utiliza en la industria con líneas de producción en serie.

La Figura 1.5. muestra esquemáticamente los diferentes elementos que de una u otra forma están incluidos en las diferentes modalidades dentro del proceso denominado soldadura por resistencia.

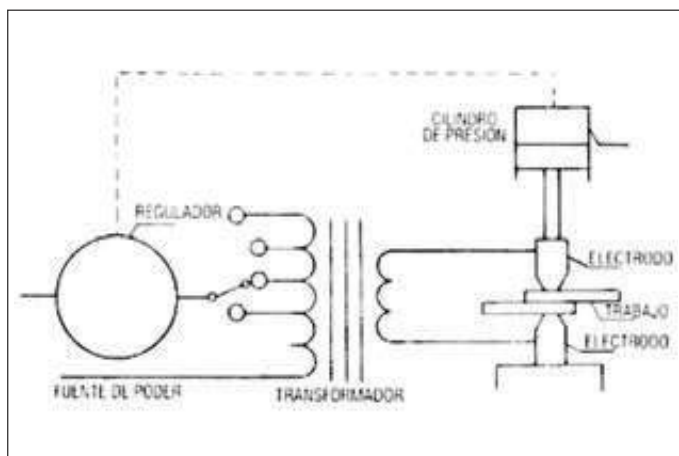
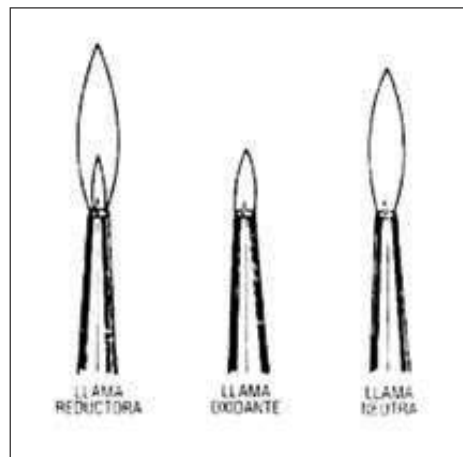


**FIG.1.3**

**ESQUEMA DEL EQUIPO PARA SOLDADURA POR FRICCIÓN**

**FIG.1.4**

**DIFERENTES TIPOS DE LLAMA OBTENIDOS PARA SOLDADURA OXIACETILENICA**



**FIG.1.5**

**ESQUEMA DE SOLDADURA POR RESISTENCIA (PUNTO)**

### 1.1.5.1- Soldadura de Punto:

Es la modalidad más sencilla. Dos electrodos tienen un área reducida y se obtienen soldas redondas que tienen un diámetro entre 2 mm. y 12 mm.

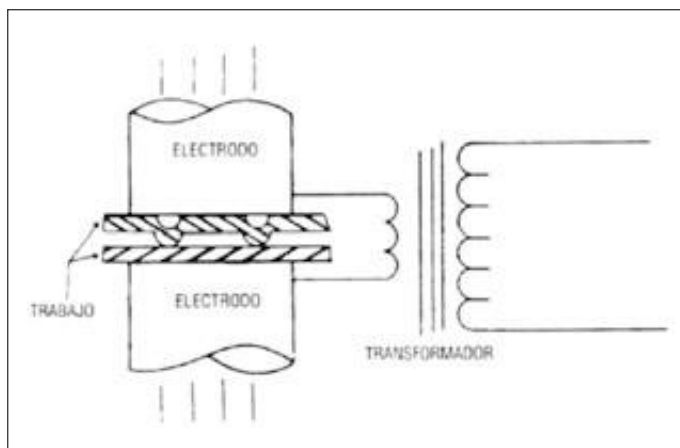
Las desventajas de este proceso son:

1. La vida relativamente corta de los electrodos.
2. El hecho de que usualmente sólo se puede efectuar una unión a la vez. Esto se puede obviar utilizando el proceso de soldadura por resalte.

### 1.1.5.2 - Soldadura por Resalte:

El proceso de soldadura por resalte, está ilustrado esquemáticamente en la Figura 1.6. Consiste en hacer por medio de forja o maquinado, unos resaltes en la superficie de una de las piezas por soldar, en los lugares donde se desea obtener la unión.

Las piezas por unir se colocan entre dos electrodos de área considerable (maquinaria especial); aunque cada electrodo tiene un buen contacto con cada pieza a soldar, debido a los resaltes que se han maquinado en ellas, se logra que la corriente viaje sólo a través de dichos resaltes y que sean ellos que se calientan. En esa forma las piezas quedan soldadas sólo en las partes en que había esos resaltes o proyecciones de metal o sea que: Por la acción de presión y por el ablandamiento del metal en los resaltes, se logra el emparejamiento de las dos (2) superficies de las piezas por unir y como resultado, la suelda de las mismas.

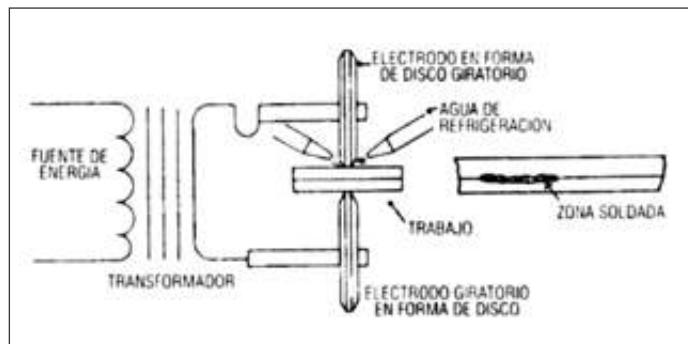


**FIG.1.6**  
**ESQUEMA DE**  
**SOLDADURA**  
**POR RESALTES**

### 1.1.5.3 - Soldadura por Costura:

En una serie continua de soldaduras de punto. La Figura 1.7, ilustra esquemáticamente éste proceso.

**FIG.1.7**  
**ESQUEMA DE**  
**SOLDADURA**  
**POR COSTURA**

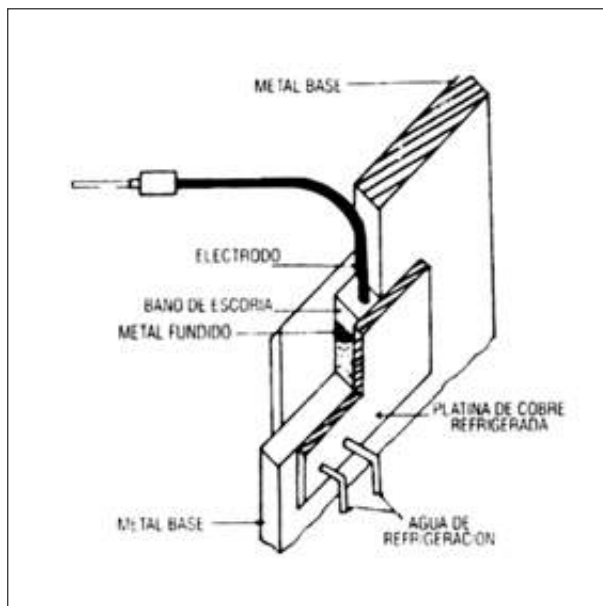


#### 1.1.6 -Soldadura Bajo Flujo Conductor (ESW)

Los componentes especiales de éste proceso están ilustrados esquemáticamente en la Figura 1.8

El calor se obtiene de la resistencia eléctrica de la escoria fundida, dentro de la cual un alambre (conductor de electricidad y fuente de material de aportación) está sumergido.

La temperatura del baño de escoria es de 1.800 °C. superior al punto de fusión, tanto del metal base como del electrodo. Por consiguiente la escoria funde los bordes del metal



**FIG.1.8**  
**ESQUEMA DE**  
**SOLDADURA**  
**BAJO FLUJO**  
**CONDUCTOR**

base y simultáneamente funde el electrodo suministrando así el material de aportación necesario.

El baño de escoria flota sobre el metal fundido. Los dos (2) materiales están alojados entre dos (2) platinas de cobre (refrigeradas) y los bordes de las piezas por unir.

Este proceso se utiliza para unir platinas gruesas. Espesores hasta de 16 " han sido unidos sin dificultad.

### **1.1.7 -Soldadura por Arco Eléctrico.**

En los procesos de soldadura, incluidos dentro de esta modalidad, la coalescencia es producida por el calentamiento generado con un arco eléctrico, obtenido entre el trabajo y uno o varios electrodos, ó el obtenido entre dos (2) ó más electrodos, con ó sin la aplicación de presión y con ó sin uso de materiales de aportación.

A continuación se explicarán los procesos de soldadura que utiliza como fuente de energía el arco eléctrico y que se consideran los más importantes.

#### **1.1.7.1 -Soldadura con Electrodo de Carbón**

Originalmente la soldadura por arco se efectuaba, utilizando electrodo de carbón. Se utilizaba única y exclusivamente para generar el arco eléctrico y por consiguiente la fuente de calor, similar al caso de la llama del proceso oxiacetilénico.

Se puede utilizar o no material de aportación. Si se utiliza, éste deberá ser suministrado independientemente por medio de un alambre.

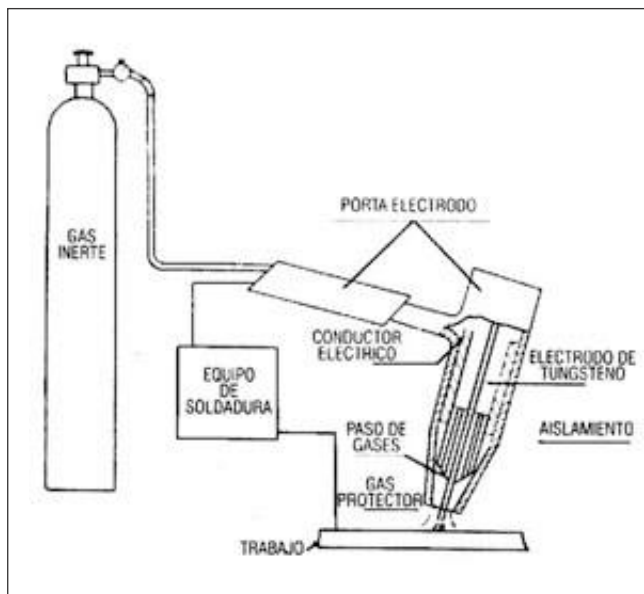
Este proceso presenta una limitación y es el hecho de que no existe protección para el metal caliente contra la atmósfera; no obstante, una ventaja es la facilidad con que se puede controlar la estabilidad del arco, lo que le hace útil para soldar el hierro fundido y cobre. Este proceso ha venido siendo sustituido por el que utiliza electrodo de tungsteno protegido por gas inerte (TIG). (GTAW).

#### **1.1.7.2 -Electrodo de Tungsteno protegido por gas inerte: (TIG) (GTAW).**

Este proceso desarrollado originalmente para soldar magnesio, utiliza electrodos de tungsteno colocados en una boquilla especial, la cual se ilustra esquemáticamente en la Figura 1.9. A través de ésta se suministra gas inerte (Argón, Helio) a baja presión, que garantiza un flujo suficiente para rodear el arco y el metal fundido y de esta manera protegerlo de la atmósfera. Como el electrodo a la temperatura del arco no se consume, la longitud de éste se mantiene constante y lo hace estable o fácil de mantener.

En el caso de utilizar metal de aportación, éste se suministra separadamente.

· Para soldar aluminio es indispensable contar con una unidad de Alta Frecuencia.



**FIG.1.9**

**ESQUEMA DEL EQUIPO PARA SOLDAR CON ELECTRODO DE TUNGSTENO PROTEGIDO POR GAS INERTE (TIG)**

### **1.1.7.3 - Electrodo Metálico protegido por gas inerte: (MIG) (GMAW)**

Este proceso es similar al anterior, y la diferencia radica en que el electrodo no es de tungsteno sino de un material consumible, el cual a un mismo tiempo mantiene el arco eléctrico y suministra continuamente el material de aportación, mientras que el metal fundido tanto del electrodo como del trabajo, está protegido de la atmósfera, por la acción del gas inerte.

Las Figuras 1.10 y 1.11, muestran respectivamente la boquilla especial utilizada en este proceso y el diagrama de las conexiones del circuito eléctrico, alimentación de alambre y suministro de gas inerte, activo ( $\text{CO}_2$ ) ó mezclas ( $\text{Ar-CO}_2$ ).

### **1.7.4 - Soldadura por Arco Sumergido (SAW):**

En este proceso el arco eléctrico es mantenido debajo de un fundente granular. El proceso se ilustra en la Figura 1.12.

El fundente granular se deposita simultáneamente con el electrodo que proviene de un carrete en forma continua, al cual a medida que se consume va siendo alimentado automáticamente. El arco queda completamente sumergido bajo el fundente y por lo tanto sólo quedan visibles pequeñas llamas.

El fundente granular proporciona una protección completa al metal fundido, razón por la cual se obtienen soldas de gran calidad.

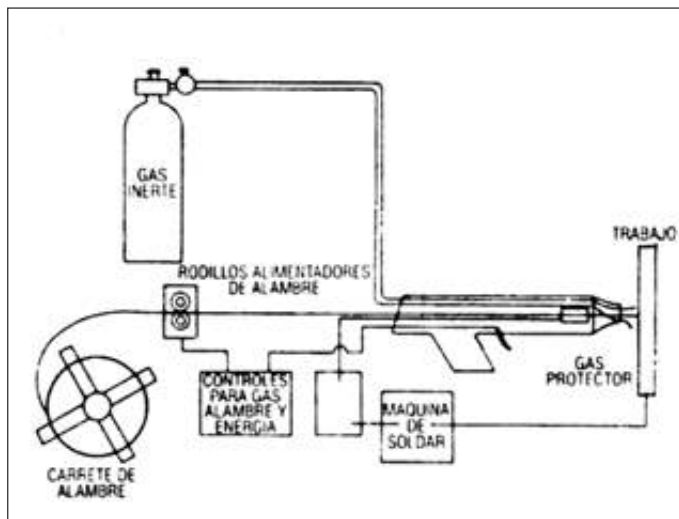


FIG.1.10 Y 1.11

**ESQUEMA DEL EQUIPO PARA SOLDAR CON ARCO METÁLICO PROTEGIDO POR GAS \***

Para obtener la unión, automáticamente se mueve la máquina soldadora, o se deja ésta estacionaria y se desplaza el trabajo.

- Por conveniencia utilizamos “Arco Metálico ” para significar: Soldadura por arco eléctrico con electrodo metálico consumible.

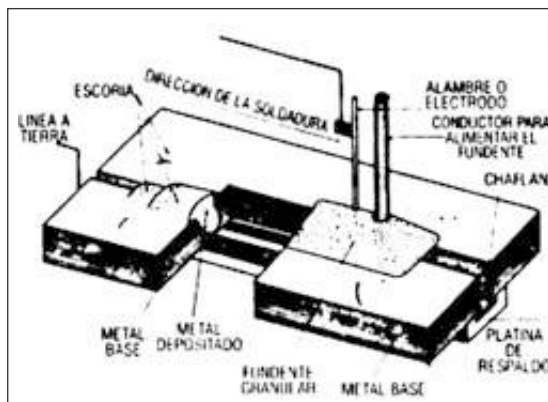


FIG.1.12

**ESQUEMA DEL ENSAMBLE PRODUCIDO POR EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO**

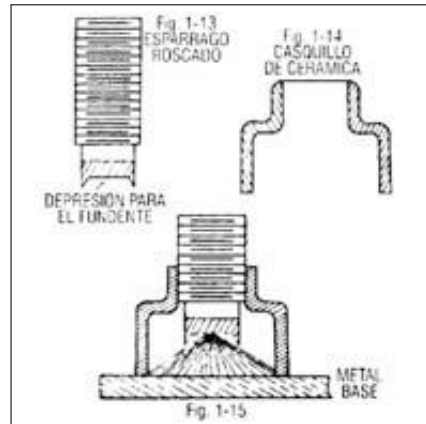
#### 1.1.7.5-Soldadura de Pernos:

Proceso donde la coalescencia es producida por el establecimiento de un arco eléctrico entre un «Perno» de metal y la pieza donde se quiere fijar este. El arco eléctrico se mantiene hasta obtener la temperatura de trabajo apropiada, luego se dispara el perno contra la pieza con suficiente presión para completar la unión.



**FIG.1.13**  
**FIG.1.14**  
**FIG.1.15**

## **SOLDADURA DE PERNOS**

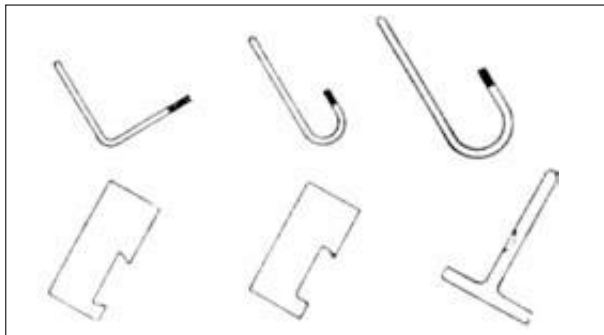


El extremo del perno, puede tener una depresión en donde se deposita un fundente especial. (Ver Figura 1.13) En el lugar donde se quiere fijar el perno se coloca un casquillo de cerámica (Figura 1.14) y dentro de éste se introduce el perno (Figura 1.15).

La función del fundente es la de desoxidante y estabilizador del arco, mientras que la del casquillo es la de concentrar el calor, proteger el metal de la atmósfera y conglomerar el metal fundido alrededor de la base del perno.

Este proceso se efectúa usualmente sin ninguna protección de gases inertes como el helio o el argón, contra la acción perjudicial del oxígeno y nitrógeno del aire en el metal base al estar este último a una temperatura elevada. Sin embargo en algunos casos donde se requiere sueldas de mejor calidad, si se utilizan los gases mencionados.

La Figura 1.16 muestra ejemplos típicos de piezas que se unen con este proceso de soldadura, el cual se utiliza para producción en serie, pues requiere maquinaria especializada.



**FIG.1.16**  
**EJEMPLO DE  
 DIFERENTES  
 FORMAS DE  
 PERNOS**

### **1.1.7.6 - Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido:**

La coalescencia en este proceso de soldadura es obtenida por el calentamiento producido por el arco eléctrico generado entre un electrodo metálico recubierto y el trabajo. La protección es obtenida por la descomposición del revestimiento; no se utiliza presión y el metal de aporte es suministrado por el electrodo.

Uno de los primeros avances de los procesos de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual, fue el de utilizar electrodos metálicos de tal manera que el calor del arco fundiera tanto el metal base como el metal del electrodo y por consiguiente obtener automáticamente el material de aportación necesario. Este procedimiento aunque solucionaba el problema de aportación, en últimas resultó inconveniente, por la dificultad de mantener el arco y por la severa oxidación del metal fundido, razón por la cual se optó por revestir los electrodos con el objeto de solucionar los problemas citados.

El revestimiento contiene compuestos químicos que aportan al proceso de soldar unas características que de una u otra manera ayudan a la buena calidad de la suelda, por ejemplo:

1. ATMÓSFERA PROTECTORA.
2. ESTABILIDAD Y PENETRACIÓN DEL ARCO.
3. REMOCIÓN DE IMPUREZAS DEL METAL FUNDIDO.
4. PREVENCIÓN CONTRA OXIDACIÓN.
5. CONTROL DE LA RATA DE ENFRIAMIENTO DEL METAL DE LA SOLDADURA.
6. ADICION DE ELEMENTOS ALEANTES.

Actualmente hay tres (3) formas de «Revestir los electrodos:1). Con una capa constituida de diferentes minerales y sustancias orgánicas aplicadas en torno al alma o núcleo metálico; 2). Con una cinta impregnada que se enrolla alrededor del electrodo a medida que éste va siendo alimentado dentro del arco y 3). El sistema tubular, que consiste en un electrodo metálico en forma de tubo con el fundente dentro, con o sin revestimiento externo.

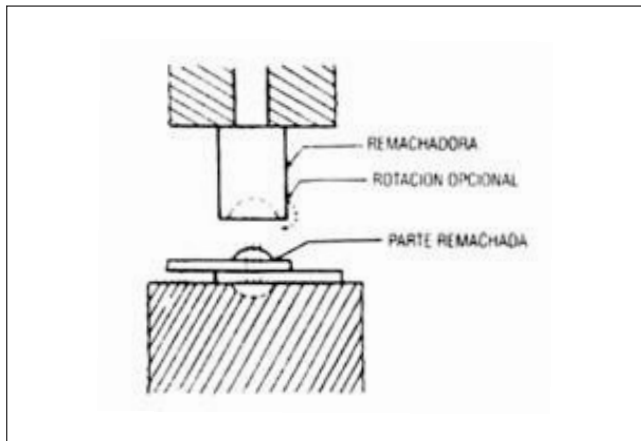
La primera de estas formas de revestimiento es la que normalmente se conoce como electrodo manual revestido y que en lo sucesivo seguiremos llamando así.

## **LA SOLDADURA COMPARADA CON OTROS PROCESOS DE MANUFACTURA**

Una vez explicados los procesos de soldadura más importantes enunciaremos algunas ventajas de la soldadura en general, comparada con otros procesos de soldadura.

### **1.2.1 -Soldadura comparada con el Remachado:**

La Figura 1.17, muestra esquemáticamente el proceso de remachado. Se utiliza para unir platinas y dependiendo del espesor de las mismas, los remaches son deformados en frío o caliente.



**FIG.1.17**

### **SISTEMA DE UNION POR REMACHES**

La soldadura presenta las siguientes ventajas sobre el remachado:

1. La preparación de las piezas por unir, es más sencilla y más económica.
2. La construcción soldada es más liviana, porque se omite el peso del solape y el de los remaches.
3. La eficiencia de una unión soldada, puede llegar a ser del 100%. La unión queda un todo sólido homogéneo al igual que las zonas laterales más cercanas al punto de la soldadura.
4. Los procesos de soldadura son silenciosos comparados con el remachado.

#### **1.2.2 - Soldadura comparada con la Fundición:**

En algunos casos se puede utilizar soldadura en vez de fundición para la construcción de piezas. En caso tal, la soldadura presenta las siguientes ventajas.

1. No hay que fabricar modelos, lo que implica un ahorro.
2. El diseño de una pieza soldada, es más sencillo.
3. El mecanizado de una pieza soldada es más simple que el de una fundida.
4. Una pieza soldada es más liviana que una fundida.
5. Las construcciones soldadas son más resistentes, rígidas y livianas que las fundidas.

#### **1.2.3 - Soldadura comparada con el Mecanizado:**

Los procesos de soldadura hasta cierto punto no se pueden comparar con los de mecanizado por la precisión dimensional que estos dan, pero sin embargo la soldadura se puede constituir en un aliado del mecanizado. Gran cantidad de piezas se pueden ensamblar, utilizando procesos de soldadura para luego ser terminados, utilizando máquinas herramientas, con el consecuente ahorro material y en tiempo de mecanizado.

El proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, es el que en la actualidad tiene mayor aceptación dentro de la industria. Los procesos automáticos como el arco sumergido o el proceso «MIG» tiene gran importancia, pero por lo general requieren equipos costosos y se utilizan en su gran mayoría en procesos de producción en serie.

El electrodo manual revestido, tiene gran versatilidad, se utiliza en la mayoría de los trabajos de reparación de elementos de maquinaria, donde las piezas por unir son de formas irregulares, cuando las uniones son de difícil acceso y por lo general en todos los trabajos donde se requieren sueldas de excelente calidad a un bajo costo.

Prueba de lo anterior es el hecho de que todos los talleres de mantenimiento de las industrias, tienen incluido dentro de su maquinaria equipos de soldadura eléctrica para electrodos manuales revestidos, que al lado de las máquinas herramientas, se constituyen en los elementos esenciales destinados a facilitar las labores del personal de mantenimiento.

Debido a la alta demanda que tiene este proceso de soldadura, es el que más estudio ha recibido por parte de los científicos del mundo y el que permanentemente evoluciona para acomodarse a los grandes adelantos de la metalurgia.

Lo dicho en los párrafos anteriores y el hecho de que los principales productos de Electromanufacturas, S.A., son los electrodos manuales revestidos y las varillas para soldadura oxiacetilénica marca «WEST – ARCO» hacen que el presente Manual, en los siguientes capítulos, se dedique única y exclusivamente a explicar todos los pormenores de estos dos (2) procesos de soldadura.



# **CAPITULO II**

## **GENERALIDADES DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO**

## CAPITULO II

### GENERALIDADES DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO

#### 2.1. DEFINICION.

Proceso para soldar por fusión, donde la unión es producida por un arco eléctrico obtenido entre un electrodo metálico recubierto y el trabajo. El material de aporte es suministrado por el electrodo y para efectos de lograr la unión, no se utiliza presión. La protección del metal fundido es obtenida por la descomposición del revestimiento.

A continuación explicaremos en detalle todos los elementos que, de una u otra manera están relacionados con el proceso, los cuales se agrupan en tres (3) divisiones a saber:

1. MAQUINAS DE SOLDAR Y ARCO ELECTRICO.
2. ELECTRODO REVESTIDO
3. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

#### 2.2. MAQUINAS DE SOLDAR Y ARCO ELECTRICO.

Por estar estos elementos directamente relacionados con la electricidad, a continuación se explican y definen los términos necesarios para efectos de poder comprender claramente la generación y características del arco eléctrico.

Al frotar un peine en el cabello, éste adquiere la propiedad de atraer cuerpos ligeros. Al interpretar ésta propiedad decimos que el peine está electrizado, que posee una carga eléctrica o bien que está cargado eléctricamente.

Existen dos tipos de carga eléctrica llamados **CARGA NEGATIVA y CARGA POSITIVA**, lo que representa que un cuerpo cargado negativamente ha adquirido alguna cosa, mientras que uno cargado positivamente ha perdido algo de la misma cosa.

Las cargas eléctricas no son engendradas ni creadas, sino que el proceso de adquirir una carga eléctrica consiste en ceder algo de un cuerpo a otro, de tal manera que, uno de ellos tenga un exceso y el otro un déficit de ese algo. Ese algo, son porciones muy pequeñas de energía negativa llamada **ELECTRONES**.

Los electrones son uno de los constituyentes esenciales de la materia. El átomo está formado por un núcleo de protones (cargados positivamente), de neutrones (con carga neutra) y de electrones (cargados negativamente) que se mueven alrededor del núcleo. La presencia de partículas de carga positiva y de carga negativa, hacen que el átomo en conjunto sea eléctricamente neutro.

Al perder el átomo uno o más electrones, queda con carga positiva, que se denomina **ION POSITIVO** y si por el contrario los gana, se denomina **ION NEGATIVO**.

Una partícula cargada negativamente es atraída por una carga positiva y repele otra carga negativa o viceversa. La presencia de una partícula cargada, bien sea positiva o negativa genera un **CAMPO ELECTRICO** capaz de atraer o repeler con una fuerza determinada a otra partícula cargada eléctricamente.

Un conductor, es un cuerpo en cuyo interior hay cargas libres que se mueven por la fuerza ejercida sobre ellos por un campo eléctrico. Este movimiento constituye una corriente.

Las cargas libres en un conductor metálico, son **ELECTRONES** y en un gas o líquido (en condiciones apropiadas), las cargas libres son **IONES POSITIVOS, IONES NEGATIVOS** y/o **ELECTRONES LIBRES**.

Si el campo siempre tiene el mismo sentido (positivo – negativo) la corriente se denomina **CONTINUA**. Si el campo se invierte periódicamente, el flujo de carga se invierte también y la corriente es **ALTERNA**.

Si el campo eléctrico o **VOLTAJE** como usualmente se conoce, hace que la corriente (los electrones) se muevan a través de un conductor, caso similar a la diferencia de altura entre dos (2) tanques de agua, conectados con una tubería que hace que el líquido fluya del tanque superior al tanque inferior.

El voltaje se expresa en voltios y se mide con el voltímetro. La cantidad de agua que pasa por el tubo, se mide por su cantidad en una unidad de tiempo (metros cúbicos por segundo), en forma análoga, la magnitud de la corriente se expresa en cantidad de electricidad por segundo. El término que se utiliza para expresar lo anterior es **AMPERIOS** (columbio de electricidad por segundo), y se mide con un amperímetro.

Necesariamente todo el líquido que sale del tanque superior tiene que llegar al tanque inferior, de la misma manera toda la corriente que fluye a través de un conductor tiene que salir de un terminal de un generador de corriente y llegar al otro, y si en la tubería existe una interrupción, el agua no pasa, lo que equivaldría en una corriente eléctrica, a no circular si no tiene un camino cerrado, sobre sí, éste camino se llama **CIRCUITO ELECTRICO**.

Hay gran variedad de procedimientos en que, como resultados de los mismos, se mantiene un campo eléctrico que origina el movimiento de cargas libres a través de un conductor.

En estos procedimientos hay una transformación de energía química o mecánica a energía eléctrica.

La pila seca o la batería de acumuladores transforman energía química a eléctrica, mientras que en el dinamo de un automóvil o en el generador de una Central Hidroeléctrica, la transformación es de energía mecánica eléctrica.



El principio de funcionamiento de los generadores de corriente consiste en el hecho de que el enrollar un alambre metálico en forma de «anillos» y mover dentro de éste un imán, las cargas libres del conductor se desplazan creándose una corriente y por consiguiente se genera un campo eléctrico entre los extremos del alambre (Fig.2.1).

El movimiento de imán se representa como energía mecánica, mientras que la corriente inducida o puesta en juego es energía eléctrica.

En los generadores de corriente, la energía mecánica se representa en forma de movimiento rotacional, movimiento que se obtiene con motores de combustión interna, o con turbinas hidráulicas, de gas o de vapor. Dependiendo de la cantidad de corriente que se quiere generar y de los recursos disponibles, se utiliza una u otra fuente de movimiento, por ejemplo: cuando en una región hay grandes yacimientos de carbón, se utiliza éste combustible para alimentar calderas que producen vapor, fluido que mueve éste tipo de turbinas.

De otro lado, si en la región hay una caída de agua se aprovecha éste fenómeno natural para impulsar turbinas hidráulicas; o si por el contrario el lugar no presenta ninguna ventaja de orden geológico o geográfico se puede utilizar motores de combustión interna como fuente de movimiento.

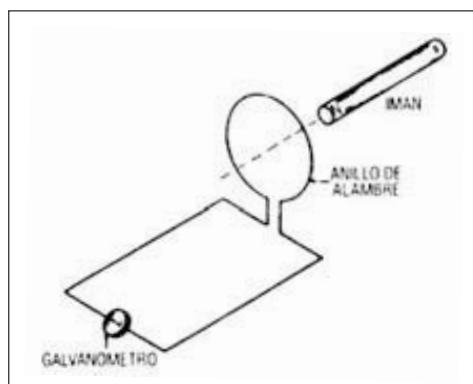
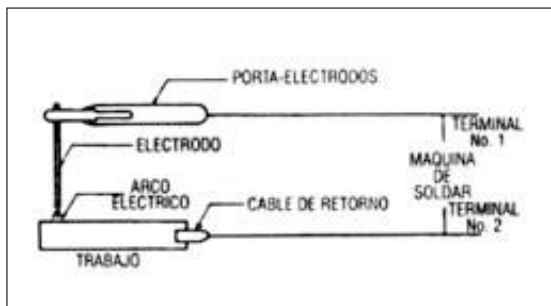


FIG.2.1

Los terminales de un **generador de corriente continua**, se denominan polo positivo (+) y polo negativo (-). El negativo es el lugar de donde salen los electrones y el positivo es el terminal a donde llegan. En un generador de corriente alterna no es posible diferenciar los terminales por los polos porque la electricidad fluye por ellos, alternando su sentido o su dirección.

**La corriente alterna** es generada de dos (2) maneras: trifásica o monofásica. En el primer caso la corriente es transportada por tres (3) cables y en el segundo por dos (2).

**FIG.2.2**  
**CIRCUITO ELECTRICO**  
**EN EL PROCESO DE**  
**SOLDADURA**

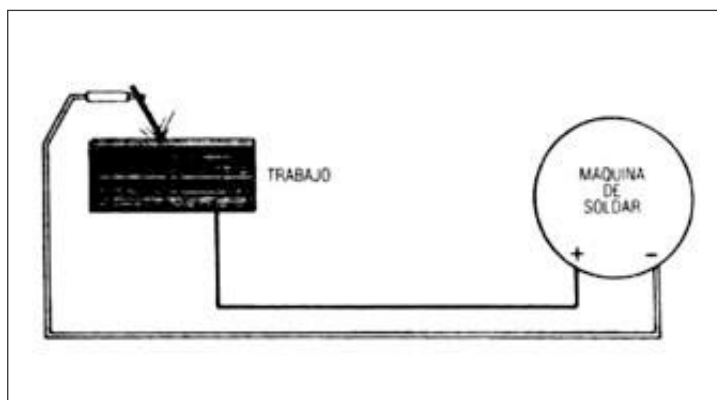


La Figura 2.2, ilustra el circuito eléctrico utilizado normalmente en el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido.

Por la acción de un campo eléctrico mantenido en la máquina de soldar se inicia el flujo de corriente en el terminal No.1. La corriente fluye por un cable al porta – electrodo y por este al núcleo del electrodo, por el extremo salta a la pieza formando el arco eléctrico, continúa viajando por el metal base y a través de un cable conectado entre el trabajo y la máquina de soldar regresa al terminal No. 2 y de ésta manera recorre la totalidad del camino cerrado sobre sí. El flujo de corriente ocurre única y exclusivamente cuando el arco se encuentra encendido.

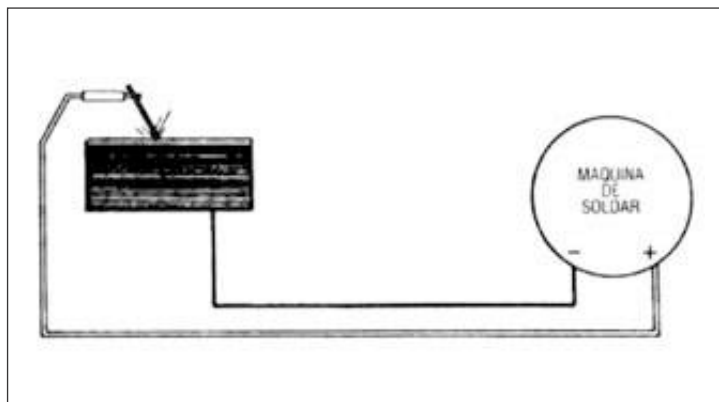
### 2.2.1 - MAQUINAS DE SOLDAR:

Las máquinas de soldar son aparatos eléctricos capaces de mantener un campo eléctrico determinado entre dos (2) terminales. En las máquinas de corriente continua estos terminales se denominan el polo positivo (+) y el polo negativo (-). Cuando el cable del porta – electrodo se fija al borne (terminal) señalado con el signo negativo (-) y el cable que une el trabajo con la máquina se une al borne, señalado con el signo positivo (+) decimos que la polaridad es directa. (Fig.2.3).



**FIG.2.3**  
**CONEXIÓN**  
**PARA**  
**POLARIDAD**  
**DIRECTA**

**FIG.2.4**  
**CONEXIÓN**  
**PARA**  
**POLARIDAD**  
**INVERTIDA**



Cuando sucede lo contrario o sea que el cable del porta – electrodo se conecta al borne señalado con el signo positivo (+) y el cable del trabajo (cable de tierra) se fija al borne señalado con el signo (-) decimos que la polaridad es invertida (Fig.2.4).

Como se explicó anteriormente, en las máquinas de soldar de corriente alterna, no es posible diferenciar los cables por sus polos debido a que la electricidad fluye la mitad del tiempo en un sentido y la otra mitad en sentido opuesto, cambiando de dirección (120) veces por segundo.

Anteriormente se dijo que las máquinas de soldar son aparatos eléctricos capaces de mantener un voltaje determinado entre dos (2) terminales.

Estos aparatos deben tener las siguientes propiedades:

Rebajar el voltaje de la red – eléctrica que generalmente es de 110, 220 ó 440 voltios a un voltaje en circuito abierto que permita iniciar el arco. El voltaje que tiene la máquina entre sus dos terminales antes de iniciar el arco, es lo que se denomina **VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO**, que varía de 45 a 90 voltios.

Cuando se inicia el proceso debe reducir automáticamente el voltaje, fluctúa entre 15 y 45 voltios dependiendo de la longitud del arco y se denomina **VOLTAJE DE ARCO**.

En los procesos de soldadura con arco eléctrico, la calidad de los trabajos depende en gran parte de la estabilidad del arco, lo que en buena proporción se logra con una correcta y continua alimentación de corriente, propiedad indispensable de una máquina de soldar.

A diferencia de otros aparatos eléctricos, la mayoría de las máquinas de soldar no trabajan continuamente debido al calentamiento de sus elementos. **EL CICLO DE TRABAJO** es la relación entre el tiempo que la máquina puede trabajar y el tiempo que debe descansar, convencionalmente se expresa en porcentaje en base a 10 minutos de observación. Por ejemplo, una máquina con un ciclo de trabajo de 60% es la que puede trabajar 6 minutos de cada 10.

El ciclo de trabajo da una idea del tiempo que puede trabajar la máquina en operación normal, si éste se excede, la máquina se calienta, se deteriora y el electrodo no funciona correctamente, lo que ocasiona sueldos de mala calidad.

Una propiedad del equipo de soldar debe ser que la máquina se comporte de acuerdo al ciclo de trabajo especificado, si se tiene en cuenta que ésta, en una gran proporción es el elemento determinante en la selección del equipo.

Todos los dispositivos eléctricos, mecánicos, hidráulicos y en general todos aquellos, que de una u otra manera transforman energía, tienen pérdidas durante el proceso de transformación, razón por la cual todos tienen incluidos dentro de sus especificaciones el término **EFICIENCIA** que cuantitativamente expresa la cantidad de energía que se pierde durante el proceso de transformación.

## **CLASES DE MAQUINAS DE SOLDAR:**

Existen varias clases de máquinas de soldar, se diferencian unas de otras por el tipo de corriente que suministran (alterna o continua) y por la manera como ésta es obtenida.

### **a) MAQUINAS ESTATICAS:**

Son las que no tienen ningún elemento con movimiento continuo, hay tres (3) posibilidades:

1. **MAQUINAS TRANSFORMADORAS:** Son las que utilizando un transformador, rebajan el voltaje y aumenta el amperaje de la red primaria de suministro. Proporcionan corriente alterna para soldar.
2. **MAQUINAS RECTIFICADORAS:** Además de transformar la corriente, convierte la corriente alterna en continua con rectificadores de Selenio o Silicio.
3. **MAQUINAS TRANSFORMADORAS – RECTIFICADORAS:** Dentro de un mismo conjunto tienen incluidos los dos (2) tipos anteriores y por lo tanto proporcionan corriente alterna, o continua para soldar.

### **b) MAQUINAS ROTATIVAS:**

Se caracterizan porque tienen elementos en rotación continua que mueven un dinamo o generador de corriente.

**MAQUINAS MOTO-GENERADORAS:** Consisten en un motor de combustión interna, bien sea de gasolina o de ACPM (Diesel), acoplado a un generador de corriente alterna o continua. Se utiliza cuando no existe una red de corriente eléctrica.

**MAQUINAS CONVERTIDORAS:** La corriente se obtiene por la acción de un motor eléctrico unido a un generador de corriente continua. El motor se mueve al conectarlo a una red de corriente eléctrica.

### 2.2.2. ARCO ELECTRICO:

Con anterioridad se dijo que una corriente eléctrica no circula si no tiene un camino cerrado sobre sí, luego se explicó en base a la Figura 2.2., el circuito de proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido y la manera como la corriente fluye por acción del campo eléctrico mantenido entre dos (2) terminales de la máquina de soldar. A continuación estudiaremos las características del arco eléctrico y la manera como la corriente fluye del electrodo al metal o viceversa.

El arco eléctrico consiste en una descarga eléctrica relativamente grande ocurrida a través de una columna gaseosa térmicamente ionizada llamada **PLASMA**.

El gas al estar en una temperatura elevada se ioniza y se convierte en un medio conductor a través del cual la corriente fluye en forma de chispa o descarga eléctrica.

Dependiendo de la máquina de soldar y de la manera como está conectada, la corriente alterna puede saltar del electrodo al metal base o de éste al electrodo (corriente continua) o periódicamente cambiar su dirección (corriente alterna).

Al iniciar el proceso, el gas se ioniza, es el aire que rodea el lugar en que se quiere generar el arco eléctrico. Cuando esto sucede, la atmósfera ionizada se mantiene por la descomposición de ciertos elementos incluidos en los materiales del revestimiento.

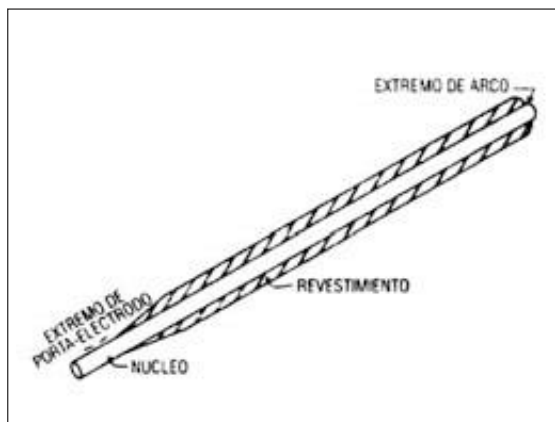
La temperatura del arco eléctrico varía entre 5.000°C., y 30.000°C., dependiendo de la naturaleza del plasma y la corriente transportada a través de éste. En el proceso de soldadura por arco con electrodo manual revestido, se obtienen temperaturas de aproximadamente 6.000°C.

En otros procesos de soldadura por arco eléctrico se utiliza gases inertes que aumentan la resistencia al flujo de corriente a través de ellos y por consiguiente la temperatura del arco.

Aunque el arco eléctrico ha sido utilizado y estudiado durante más de un siglo, sus propiedades son en gran parte desconocidas, por sus funciones complejas de una gran cantidad de variables. Solamente se ha podido establecer principios fundamentales de alguna utilidad en la predicción del comportamiento del arco eléctrico, que por lo general están limitados en su utilización a regiones específicas y a menudo a condiciones de operación. Se requiere mucho más estudio y observación antes de que el diseño y control del arco eléctrico, se reduzca a una ciencia cuantitativa y exacta.

### 2.3.-ELECTRODO REVESTIDO.

De las generalidades del proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, se ha hablado de las características, tanto de la máquina de soldar, como del arco eléctrico y de la manera como éste último se genera. A continuación describiremos



**FIG.2.5**  
**ESQUEMA DE CORTE**  
**DE UN**  
**ELECTRODO REVESTIDO**

el electrodo y explicaremos las funciones de sus dos (2) componentes (núcleo y revestimiento).

La Figura 2.5., muestra un esquema en corte de un electrodo revestido, en donde se señalan 4 puntos importantes a saber:

NUCLEO

REVESTIMIENTO

EXTREMO DE ARCO Y EXTREMO PORTA – ELECTRODO

### **2.3.1. EL NUCLEO O ALMA:**

Es una varilla de aleación metálica especialmente fabricada. Dependiendo del tipo de electrodo, tiene dimensiones y composición química definida.

Sus componentes tales como el hierro, carbono, manganeso, silicio, fósforo, azufre, etc., proporcionan diferentes propiedades y características a la soldadura.

El núcleo metálico cumple dos (2) funciones específicas; medio de transporte de electricidad y fuente de material de aportación.

Debido a la alta temperatura del arco, el núcleo se funde y gota a gota se deposita en el trabajo.

### **2.3.2. EL REVESTIMIENTO:**

Es una masa constituida de diferentes minerales y sustancias orgánicas aplicadas torno al núcleo metálico. Sus funciones se pueden dividir en tres (3) grupos:

GRUPO ELECTRICO

GRUPO METALICO

GRUPO FISICO

### **2.3.2.1. GRUPO ELECTRICO:**

Facilita el encendido del arco y lo mantiene con facilidad durante la ejecución de la soldadura. Lo anterior se logra por la descomposición de algunos elementos químicos, al quemarse en el arco, se genera una atmósfera de gases ionizados, conductores de electricidad.

Permite el empleo de corriente alterna. Al utilizar éste tipo de corriente el arco se apaga y enciende 120 veces por segundo. En estas circunstancias, el arco se torna muy inestable debido al enfriamiento «ciclo» de la columna gaseosa que lo rodea. Algunos elementos, en ciertos tipos de electrodos, necesitan una temperatura relativamente baja para permanecer en estado ionizado, y por lo tanto facilitar el encendido periódico del arco, solucionándose así el problema de inestabilidad.

### **2.3.2.2. GRUPO METALURGICO:**

Reemplaza ciertos elementos del metal, que parcialmente se volatilizan debido a la alta temperatura del arco eléctrico. Los elementos de reemplazo están incorporados dentro del revestimiento en una proporción tal, que aunque parte de estos también se volatilizan, el resto se incorpora al metal fundido.

Mejora las propiedades mecánicas de la zona de fusión. Esto se logra por la acción de elementos aportes de materiales de aleación, incluidos dentro del revestimiento. Estos materiales pueden lograr el mejoramiento de las propiedades mecánicas de dos (2) maneras:

1. Actúan como desnutrimentos, desoxidantes y desulfurantes, elementos que son perjudiciales en la calidad del metal.
2. Aporta elementos de aleación que mejoran y aumentan la calidad del metal aportado o fundido. Por ejemplo: Un electrodo con núcleo de acero dulce, por la acción de revestimiento, puede efectuar un depósito duro o uno inoxidable.

También puede aumentar la cantidad de material de aportación. En cierto tipo de electrodos, el revestimiento tiene incorporado un elemento metálico (en polvo), de composición química similar a la del núcleo, que se derrite en el arco y se une al metal fundido proveniente del alma, aumentando de ésta manera, la cantidad de material depositado y por consiguiente la tasa de deposición.

### **2.3.2.3. GRUPO FISICO:**

Protege el metal fundido de los gases dañinos del aire. El oxígeno y el nitrógeno del aire al combinarse con el metal fundido, forma óxidos y nitruros haciendo que el metal se torne frágil y poroso, con la consecuente disminución de sus propiedades mecánicas. Ciertos componentes del revestimiento, al quemarse en el arco, forman una atmósfera protectora que evita que el aire quede en contacto directo con el metal fundido.

Algunos elementos del revestimiento se derriten formando una escoria que rodea totalmente las gotas del metal fundido durante el viaje de éstas, desde el extremo del electrodo al metal base, logrando así, su protección total. Al efectuarse el depósito, la escoria se mezcla con el metal finalmente se solidifica. La escoria sólida forma una capa.

sobre el depósito, que a un mismo tiempo protege el metal caliente de la acción perjudicial del aire y retardada su enfriamiento, evitando así que endurezca excesivamente.

Dirige la fuerza del arco y el metal fundido en la dirección deseada. Esto se logra por cuando el revestimiento tiende a fundirse más lentamente que el núcleo metálico, formándose una especie de boquillas que orienta la dirección del arco, y dirige las gotas del metal derretido.

El metal fundido posee tres (3) propiedades importantes que son: resistividad, viscosidad y tensión superficial. La resistividad es la resistencia que opone el metal fundido al flujo de corriente; en varias veces mayor que la del metal sólido en el punto de fusión.

La viscosidad o resistencia a fluir, determina la rata con que el metal fluye a través de la separación entre dos (2) platinas y tensión superficial, expresa la facilidad con que el metal fundido llena cavidades relativamente pequeñas.

Algunos elementos del revestimiento cumplen la misión de controlar dichas propiedades y de ésta manera facilitar el proceso de soldadura y velar por su calidad.

### **2.3.3. EXTREMO DE ARCO Y EXTREMO PORTA – ELECTRODO**

Como se dijo anteriormente en los electrodos revestidos, la corriente fluye por el núcleo, por lo tanto debe existir un buen contacto entre el porta – electrodo y el núcleo y entre éste y el trabajo. Razón por la cual se construyen los electrodos libres de revestimientos en sus extremos, como se muestra en la Figura. 2.5 .

## **2.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.**

En la práctica el proceso de Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, se resume de la siguiente manera:

Las piezas por unir se colocan apropiadamente en el lugar de trabajo y se conectan por medio de un cable a uno de los terminales de la máquina de soldar. El electrodo se fija en el porta – electrodo que está conectada al otro terminal de la máquina mediante un segundo cable. El porta-electrodo, es un implemento en forma de tenaza, que va provisto de un mordaza intercambiable de cobre y un mango de caucho o fibra, con el fin de aislar al operario de la electricidad.

Dependiendo de las dimensiones de las piezas por unir el diámetro y tipo de electrodo, se conecta la máquina de tal forma que suministre la cantidad de electricidad requerida, y que trabaje con la polaridad apropiada, esto último en el caso de utilizar equipos de corriente continua.

Se pone la máquina en funcionamiento y se roza el extremo de arco del electrodo con la pieza, estableciéndose un circuito de corriente eléctrica, y de inmediato se levanta el electrodo a una distancia relativamente pequeña (1.5 a 2 mm.); la corriente eléctrica se ve forzada a saltar esa distancia, y encuentra un medio apropiado para hacerlo, por cuanto el aire cercano al lugar donde se estableció el circuito se ha calentado, y por lo tanto ha quedado ionizado. Al saltar la corriente, lo hace en forma de chispa o descarga eléctrica, que debido a su elevada temperatura hace que el metal base se derrita en el



lugar de la unión, y que el núcleo del electrodo se funda depositándose gota a gota en el trabajo, y que el revestimiento al descomponerse, cumple las funciones anunciadas en los párrafos anteriores.

Para un correcto uso del proceso de soldadura por arco eléctrico con el electrodo manual revestido, hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

PREPARACION DE LAS PIEZAS POR SOLDAR

POSICION DE SOLDAR

SOLDABILIDAD DE LOS METALES

SELECCIÓN DE LA SOLDADURA

INSPECCION DE LA SOLDADURA

NORMAS DE SEGURIDAD

COSTOS DEL PROCESO

Los capítulos siguientes tratarán por separado, sobre todos y cada uno de los puntos enumerados, de tal forma que el lector al estudiarlos y asimilarlos, adquiera un conocimiento total sobre todos los pormenores del proceso.

# **CAPITULO III**

**POSICIONES DE LA SOLDADURA,  
PREPARACION DE LAS PIEZAS  
PARA SOLDAR Y  
REPRESENTACION SIMBOLICA**

## CAPITULO III

### POSICIONES DE LA SOLDADURA, PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS POR SOLDAR Y REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA

#### 3.1. POSICIONES DE LA SOLDADURA:

En el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, la soldadura se puede aplicar en las posiciones siguientes: Plana, Vertical, Horizontal y Sobrecabeza.

##### 3.1.1. Posición Plana:

Es aquella en que el trabajo está debajo de la mano y el metal se deposita sobre un plano horizontal. La ejecución de cordones en esta posición es fácil y económica, por lo tanto en cuanto sea posible se debe utilizar. (Fig.3.1.).

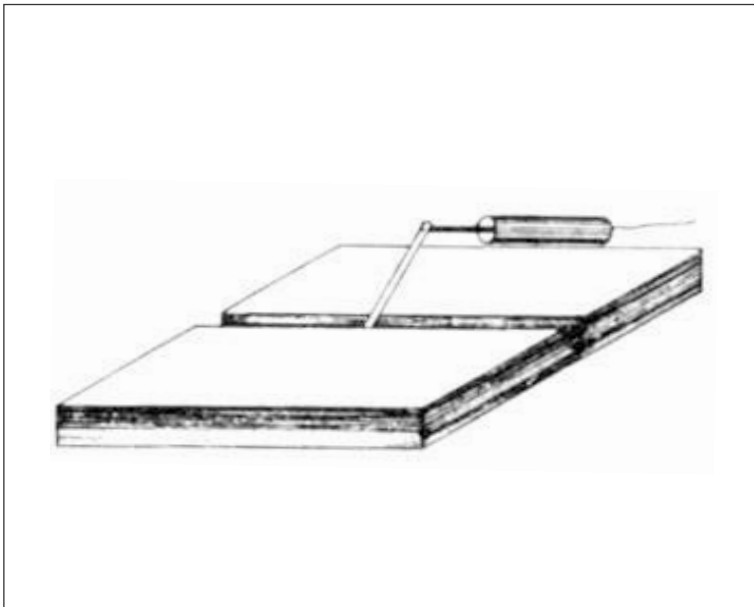
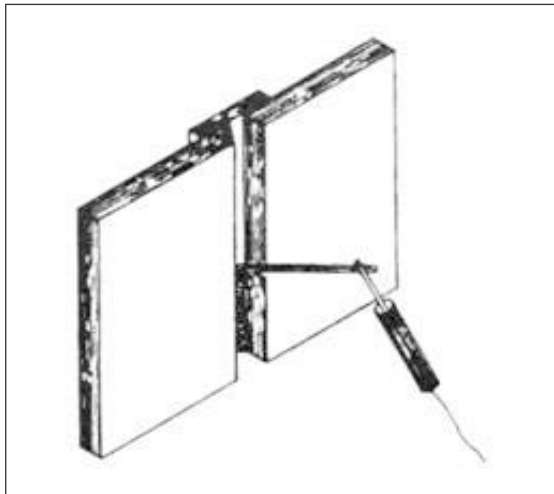


FIG.3.2

#### POSICIÓN PLANA

### 3.1.2. Posición Vertical:

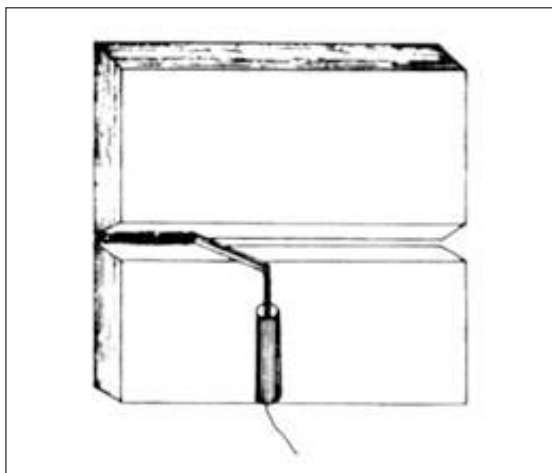
La Figura 3.2.,muestra esquemáticamente esta posición,los cordones se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical.El electrodo se puede desplazar de dos maneras: subiendo o bajando.



**FIG.3.2**  
**POSICIÓN**  
**VERTICAL**

### 3.1.3. Posición Horizontal:

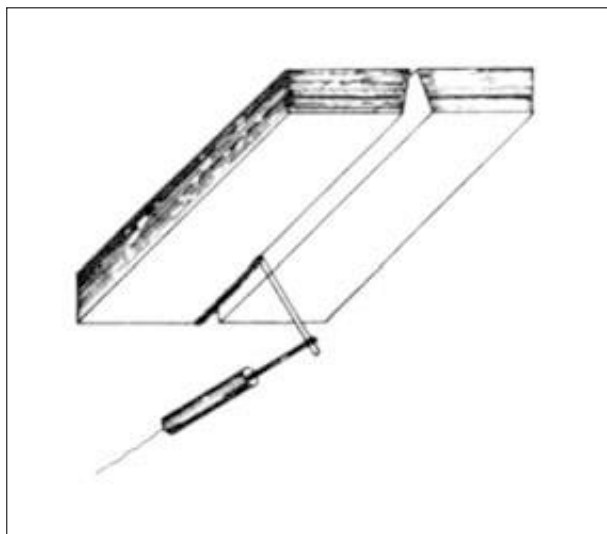
En la Figura 3.3.,se ven dos (2)platinas colocadas verticalmente,el cordón se ejecuta horizontalmente.



**FIG.3.3**  
**POSICIÓN**  
**HORIZONTAL**

### 3.1.4. Posición Sobrecabeza

A diferencia de la posición plana, la mano se coloca debajo del trabajo y la soldadura se ejecuta de la manera como se ilustra en la Figura 3.4.



**FIG.3.4**  
**POSICIÓN**  
**SOBRECABEZA**

Las cuatro posiciones anteriores son las que se denominan fundamentales. En la práctica se pueden presentar trabajos donde se utilizan posiciones intermedias, como lo puede ser una unión en un plano inclinado. También se puede presentar el caso de trabajos donde la unión se completa utilizando dos o más posiciones; en la soldadura de tuberías de oleoducto, por ejemplo, la unión se logra utilizando básicamente la posición plana, la vertical y la sobrecabeza.

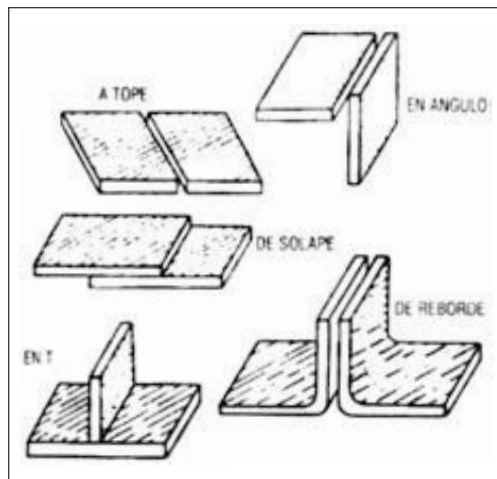
Dentro del grupo físico de funciones del revestimiento, se incluye aquella de dirigir la fuerza del arco eléctrico y orientar el metal fundido en la dirección deseada. El metal fundido del núcleo del electrodo tiende a caer al suelo cuando se suelda en posiciones difíciles. Gracias al revestimiento de cierto tipo de electrodos se ha logrado contrarrestar la fuerza de gravedad y por lo tanto se ha facilitado la soldadura en cualquier posición.

### 3.2 PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS POR SOLDAR:

Una vez se ha logrado cualquier proceso de soldadura para la manufactura o reparación de elementos metálicos y en especial cuando se escoge el proceso por arco con electrodo manual revestido, hay necesidad de preparar el trabajo en forma tal que se garantice el logro de una unión soldada de óptima calidad.

La preparación de las piezas por soldar tiene dos (2) pasos:

SELECCION DE LA FORMA DE UNION.  
DISEÑO DE LA JUNTA



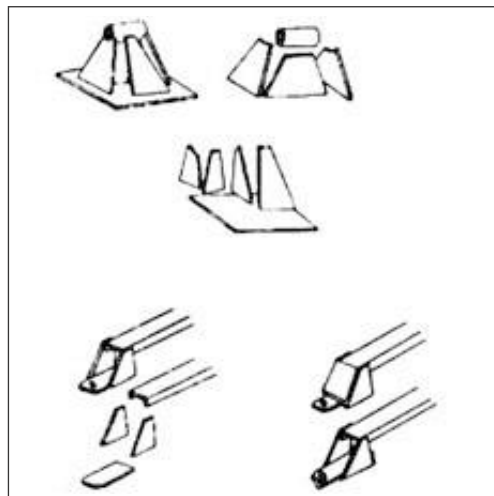
**FIG.3.5**

**ESQUEMA DE  
LAS DIFERENTES  
FORMAS DE  
UNION**

**3.2.1 Selección de la Forma de Unión.**

Hay cinco (5) maneras fundamentales de lograr una unión entre dos (2) objetos y se diferencian entre sí por la forma como se coloca uno en relación al otro. Las cinco (5) maneras son: «A Tope », «En Angulo », «De Solape », «Por el Borde » y «En T ». La Figura 3.5., las ilustra tomando como ejemplo la unión de dos (2) platinas.

**FIG.3.6**  
**LA SELECCIÓN**  
**DE LA FORMA**  
**DE UNION**  
**DEPENDE DE**  
**LA PIEZA**  
**A FABRICAR**



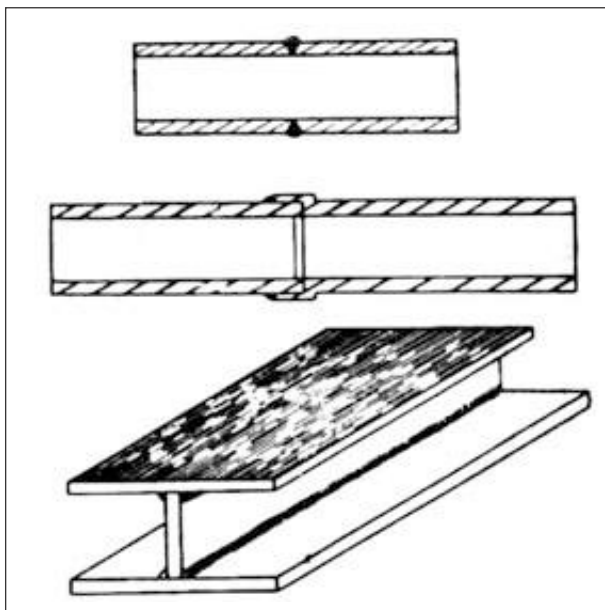
La principal condición que se tiene en cuenta, para seleccionar la formación, lo da el diseño mismo de la estructura que se quiere soldar. La Figura 3.6., muestra dos (2) ejemplos que explican la anterior afirmación.

El primero, un soporte de cojinete hecho de piezas relativamente delgadas que proporcionan una buena rigidez en las dos direcciones y el segundo, una estructura hecha con una sección en U y un conjunto de chapas cortadas.

En los dos (2) ejemplos anteriores, se hubiera podido variar el tipo de unión, lográndose aparentemente la misma rigidez pero por lo general en el diseño de elementos metálicos bien sean construidos por maquinado, forja o ensamble en base a soldadura, no solamente se tiene en cuenta los requerimientos de resistencia, sino también aquellos relacionados con la forma, peso y localización de los elementos, de tal manera que el conjunto cumpla la función para la cual fue diseñado.

Esto último puede determinar en algunos casos, la forma de unión que se debe utilizar.

De otro lado, el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, se utiliza en una gran proporción en la reparación de maquinaria. En la mayoría de los casos no se puede variar el diseño y por lo tanto automáticamente queda determinada la forma de unión. Por ejemplo en la rotura de un eje los dos (2) pedazos tienen que ser unidos «A Tope» y «De Solape», mientras que una viga en al «I» hecha con tres (3) platinas tienen que ser soldadas utilizando la unión «En T» (Fig.3.7.).



**FIG.3.7 CASO EN EL QUE LA FUNCION DETERMINA LA FORMA DE LA JUNTA**

En resumen, la forma de unión la determina en la mayoría de los casos la necesidad que se quiere satisfacer.

La resistencia de las uniones soldadas, cuando son sometidas a diferentes tipos de cargas (tracción, torsión, compresión, impacto, etc.) es estabilidad por el tipo de junta que se utiliza y por el diseño de la misma. Esto último es el tema de la siguiente sección.

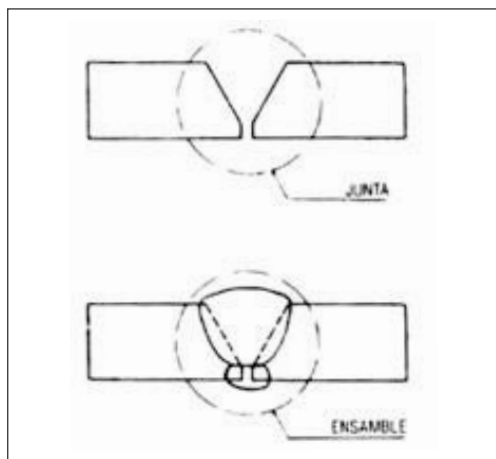
### 3.2.2. Diseño de la Junta:

Cualquier proceso de soldadura como función el obtener una unión entre dos o más objetos. El punto en donde se ha de lograr la unión se denomina Junta y cuando esto ha ocurrido aquel punto se llama Ensamble o Junta Soldada. (Fig.3.8.). Un diseño correcto de la Junta, es una parte vital de cualquier proceso de soldadura. La seguridad y la vida útil de una estructura soldada depende de la eficiencia de la Junta.

Aunque se deben considerar muchas variables, el factor determinante en el diseño de la junta, es la condición del servicio a que van a estar sometidas las piezas soldadas. Debido a diferentes condiciones de operación, una junta puede ser excelente para una aplicación y completamente inapropiada para otra. Un diseño correcto ayuda a controlar la distorsión, reduce la posibilidad de agrietamiento, facilita el trabajo del operario y produce sueldos sanos a un bajo costo.

Las juntas que van a ser sometidas a erosión y corrosión, tienen que ser diseñadas de tal forma que el ensamble quede libre de irregularidades y hendeduras, para efectos de protegerla de cualquiera de estas formas de ataque.

Hay que considerar la manera como se aplicarán los esfuerzos durante el servicio, los que se pueden presentar en forma de tensión, compresión, corte, doblaje y torsión. Ciertos diseños de junta son apropiados únicamente para soportar esfuerzos en una



**FIG.3.8**  
**DIFERENCIA**  
**ENTRE**  
**“JUNTA ”**  
**Y**  
**“ENSAMBLE ”**



dirección, mientras que otros son apropiados para utilizarlos cuando los esfuerzos son variables o impredecibles.

Se requieren diferentes diseños dependiendo de que la carga sea estática o dinámica y más aún cuando hay que tener en cuenta, el cambio paulatino de las propiedades mecánicas del material que ocurren con el servicio a través del tiempo (fatiga).

Otro factor que afecta el diseño de una junta, es la eficiencia requerida. El término «EFICIENCIA DE LA JUNTA» se utiliza para indicar la resistencia de la junta soldada, expresada como un porcentaje de la resistencia del metal base.

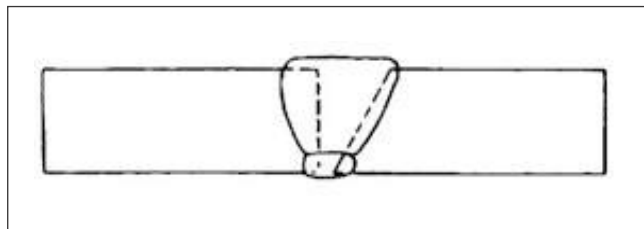
Hay tres (3) tipos de ensambles o juntas soldadas:

Con chaflán, en filete y una combinación de las dos (2) anteriores.

### 3.2.2.1 Juntas con bisel o chaflán:

Para unir dos (2) piezas, generalmente es necesario preparar un bisel o chaflán en el cual se depositará la soldadura, para formar el ensamble. Fig.3.9. Las Figuras 3.10., muestran los diferentes tipos de juntas con chaflán, con sus respectivos nombres.

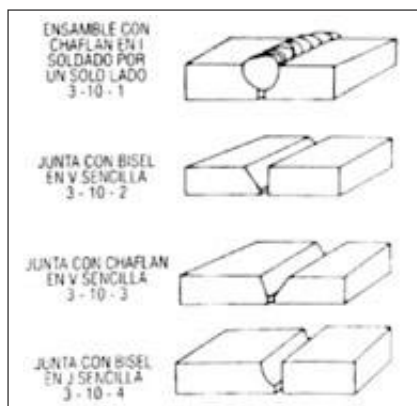
A continuación se definen e ilustran las diferentes partes que forman un Ensamble con chaflán.



**FIG. 3.9**

**ENSAMBLE  
CON BISEL**

**FIG. 3.10**



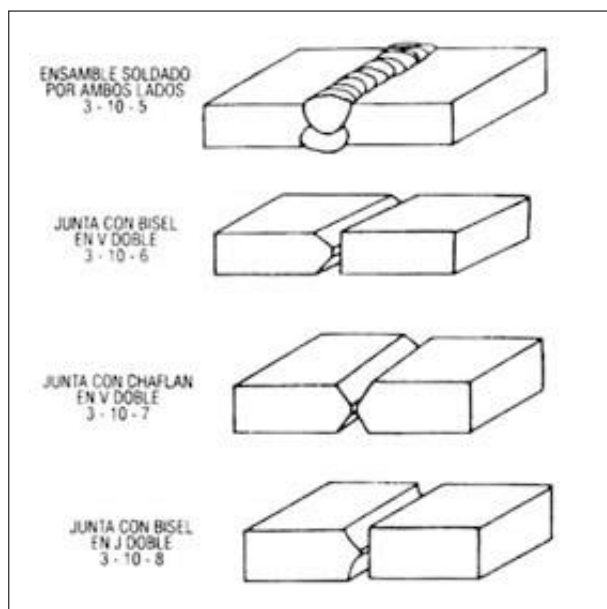


FIG. 3.10

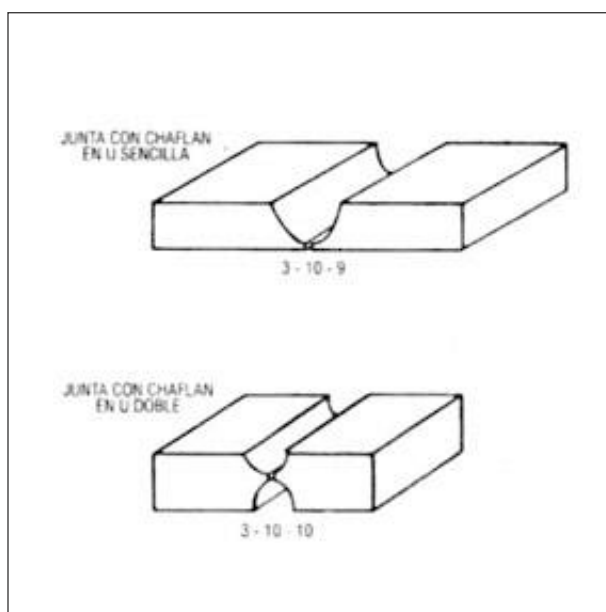
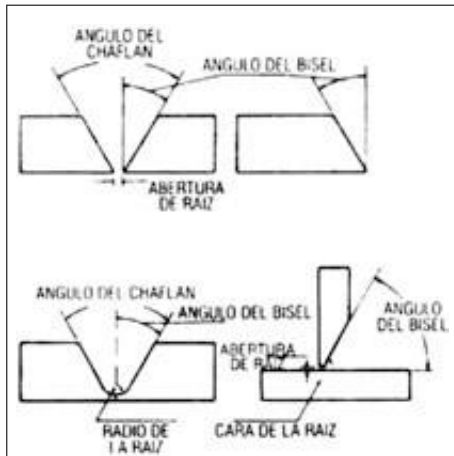


FIG. 3.10

### ANGULO DEL BISEL:

El ángulo formado entre el borde preparado de uno de los objetos por soldar y el plano perpendicular a su superficie.(Fig.3.11.).



**FIG.3.11**

### DIFERENCIAS ENTRE CHAFLAN Y BISEL

### ANGULO DE CHAFLAN:

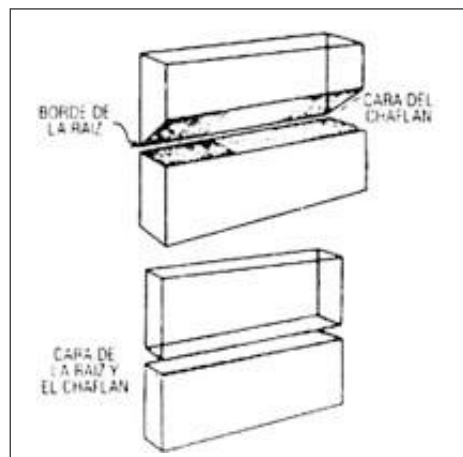
El ángulo total incluido entre los bordes biselados o preparados de los objetos por unir, cuando estos están colocados de tal forma que puede determinar la junta (Fig.3.11).

### CARA DEL CHAFLAN:

Las superficies de las partes por soldar incluidos en el chaflán.(Fig.3.12.).

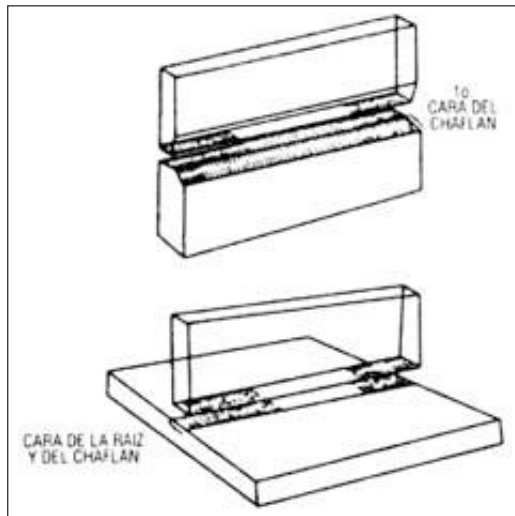
**FIG.3.12**

### REPRESENTACION DE LAS PARTES DE UNA UNIÓN



### RAIZ DE LA JUNTA:

Aquella porción de una junta por soldar donde los miembros quedan los más cercanos el uno del otro (Fig.3.13).

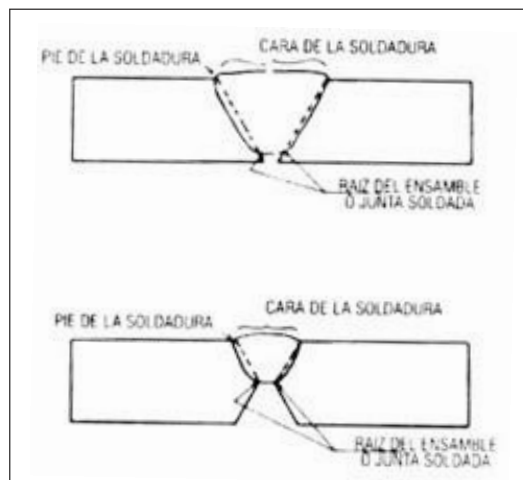


**FIG.3.13**

**ESQUEMA DE LA IDENTIFICACION DE LAS PARTES DE UNA UNION, RAIZ Y CARA DE LA JUNTA**

### RAIZ DE UNA JUNTA SOLDADA:

El lugar en donde la parte inferior de la soldadura intersecta las superficies del metal base.(Fig.3.14).



**FIG.3.14**

**RAIZ DE LA JUNTA SOLDADA O ENSAMBLE**

### **CARA DE LA RAIZ:**

La parte de la cara del chaflán adyacente a la raíz de la junta.(Fig.3.12).

### **BORDE DE RAIZ:**

Cuando la cara de la raíz tiene dimensión «0».

### **ABERTURA DE LA RAIZ:**

La separación entre los objetos por soldar medida en la raíz de la junta.(Fig.3.11.).

### **CARA DE LA SOLDADURA:**

La superficie de un cordón de soldadura que queda expuesta al ambiente,mirada por el lado donde ésta fue depositada. (Fig.3.14).

### **PIE DE LA SOLDADURA:**

La unión entre la cara de la soldadura y el metal base. (Fig.3.14.).

**NOTA:** Las anteriores definiciones e ilustraciones fueron tomadas de la norma de la American Welding Society Titulado: Standard Welding Terms and Definitions (A.W.S. A3.0).

Como se vio en párrafos anteriores, hay un buen número de ensambles con chaflán.

La selección del más apropiado está influenciada por la facilidad de la operación, por los costos,por las condiciones de servicio y por el diseño mismo de la estructura a fabricar en base a uniones soldadas.

Cuando se trabaja con materiales relativamente delgados y cuando las cargas a que va a estar expuesta la estructura soldada,son estáticas,el ensamble con chaflán cuadrado da resultados satisfactorios y es muy económico por cuanto no requiere una preparación costosa de las piezas a soldar, sin embargo está limitado por el espesor de la junta. Cuando el espesor de la junta aumenta hay necesidad de biselar los bordes de las piezas para efectos de darle a la soldadura un acceso adecuado de tal manera que se puedan lograr sueldas sanas y resistentes. En el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, el costo de la operación está influenciado por dos (2) factores: la preparación de la junta y el consumo del metal de aportación.

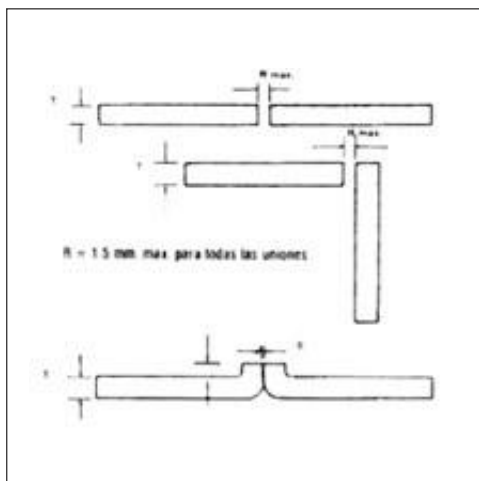
Los ensambles con chaflán en «U» y en «J», minimiza el consumo de soldadura y se deben utilizar, cuando el ahorro por éste concepto justifica la costosa preparación de las juntas, o sea cuando el espesor de las piezas por unir es considerable.

Una desventaja de los ensambles hechos con chaflán en «J» o en «U» es la dificultad de obtener sueldas sanas por la facilidad con que la escoria queda atrapada debido a la presencia de bordes no inclinados en la junta.

La selección de la apertura de raíz y del ángulo del chaflán, está influenciada por el tipo

de metal utilizado, por las características mecánicas que deben tener el ensamble, por la localización de la junta en la estructura soldada, por el consumo de soldadura y por los requerimientos de eficiencia de la junta soldada. Esto último generalmente se quiere que sea del 100%, de donde la junta soldada que más se utiliza es aquella que se extiende completamente a través de los objetos por unir.

La Figura 3.15 y 3.16., muestran las proporciones recomendadas de las juntas con chaflán. Estas proporciones han sido encontradas y establecidas en base a investigación y son con las que se obtiene una penetración completa de junta, y con las que se garantiza la obtención de sueldas sanas y resistentes. Esto último cuando se escoge el ensamble apropiado y cuando la unión se logra adecuadamente.

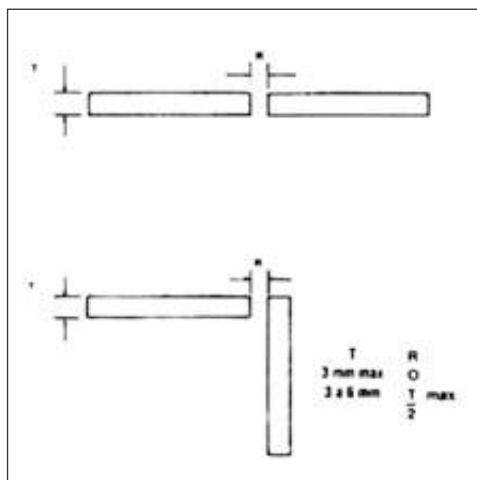


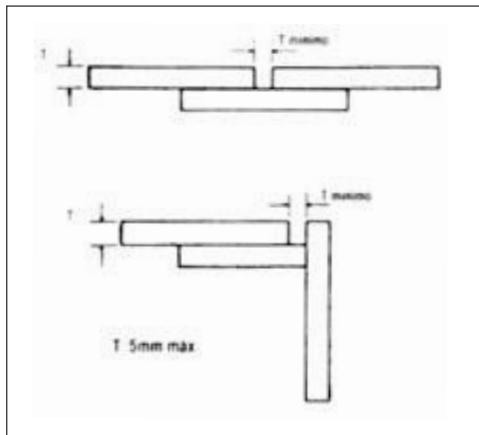
**FIG.3.15.1**

**JUNTAS CON  
CHAFLAN CUADRADO  
Y DE REBORDE  
PARA SOLDAR DE  
UN SOLO LADO**

**FIG.3.15.2**

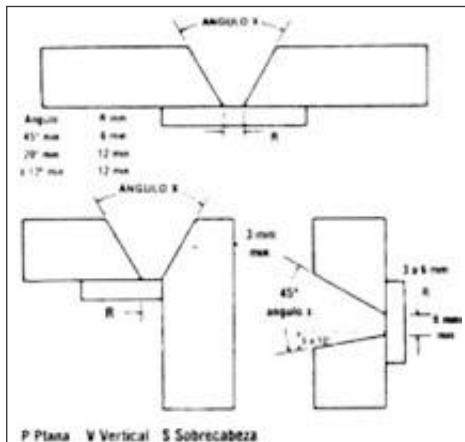
**DIMENSIONES  
RECOMENDADAS PARA  
JUNTAS CON  
CHAFLAN CUADRADO  
PARA SOLDAR DE  
AMBOS LADOS**





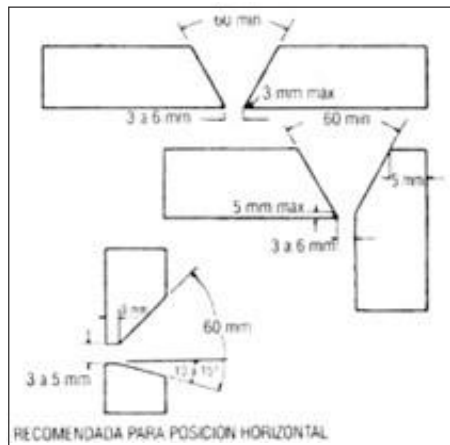
**FIG.3.15.4**

**PARA JUNTAS  
CON CHAFLAN  
EN V SIMPLE  
PARA SOLDAR DE  
UNO O  
AMBOS LADOS**



**FIG.3.15.3**

**DIMENSIONES  
RECOMENDADAS PARA  
JUNTAS CON  
CHAFLAN CUADRADO  
PARA SOLDAR POR UN  
SOLO LADO Y CON  
PLATINA DE RESPALDO**



**FIG.3.15.5**

**JUNTAS CON  
CHAFLAN  
PARA SOLDAR DE  
UN SOLO LADO  
Y CON PLATINA  
DE RESPALDO.**

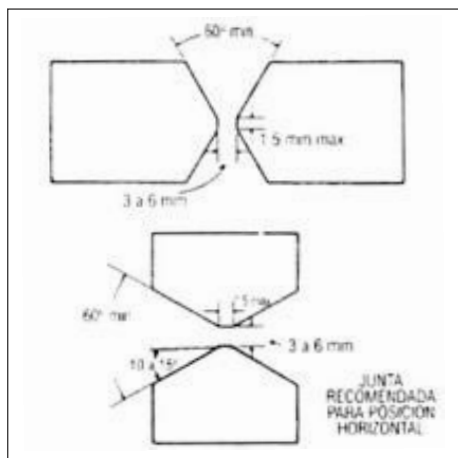


FIG.3.15.6

**JUNTAS CON CHAFLAN  
PARA SOLDAR  
DE AMBOS LADOS**

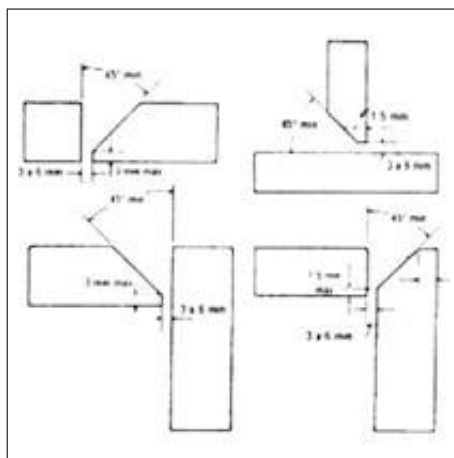
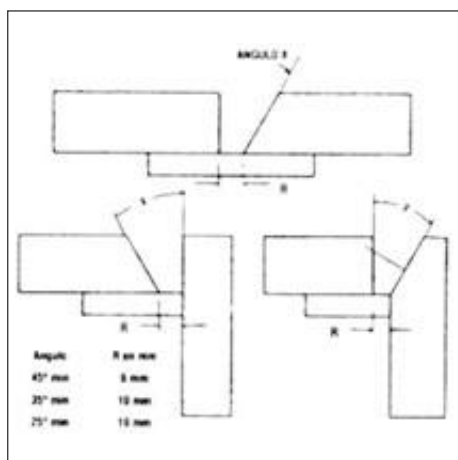


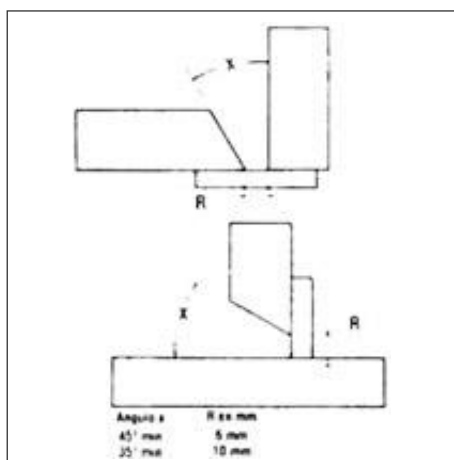
FIG.3.15.7

**JUNTAS CON BISEL SENCILLO  
PARA SOLDAR DE  
UNO O AMBOS LADOS**



3.15.8 a

**JUNTAS CON BISEL SIMPLE  
PARA SOLDAR DE UN  
SOLO LADO Y CON PLATINA  
DE RESPALDO**



3.15.8 b

**JUNTAS CON BISEL SIMPLE  
PARA SOLDAR DE UN SOLO  
LADO CON PLATINA DE  
RESPALDO**



A continuación se ilustra por separado los diferentes tipos de ensambles con chaflán. Las notas que acompañan cada ilustración describen las ventajas y limitaciones del uso de cada uno y son las incluidas en la tercera edición del «Welding Hand Book » publicado por American Welding Society.

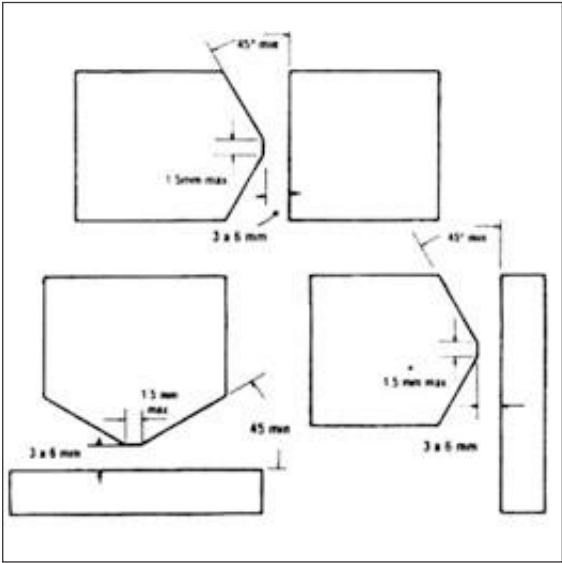


FIG.3.16.1

JUNTAS CON BISEL DOBLE PARA SOLDAR DE AMBOS LADOS

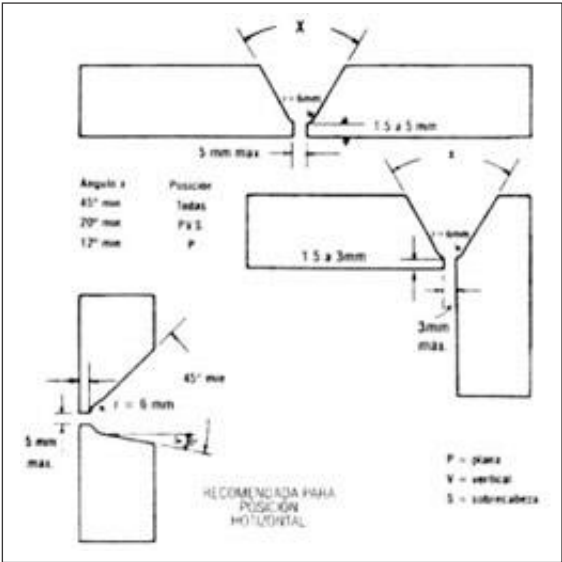


FIG.3.16.2

JUNTAS CON CHAFLAN SIMPLE PARA SOLDAR DE UNO O AMBOS LADOS

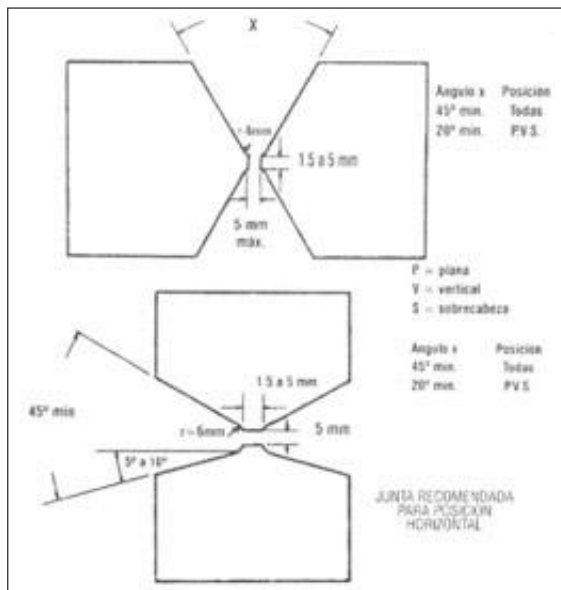
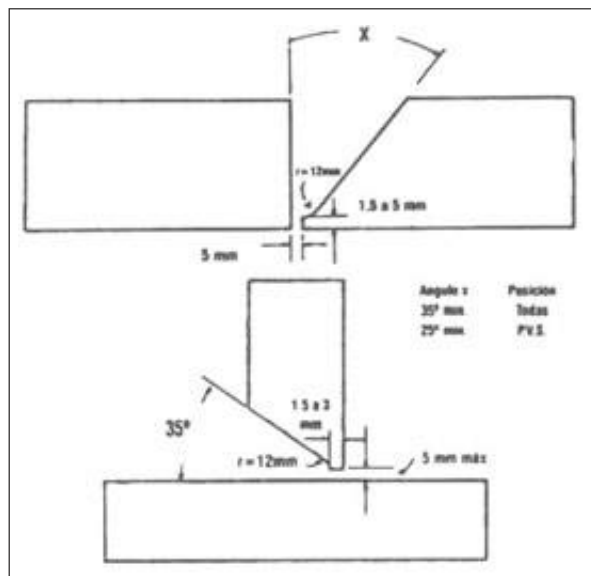


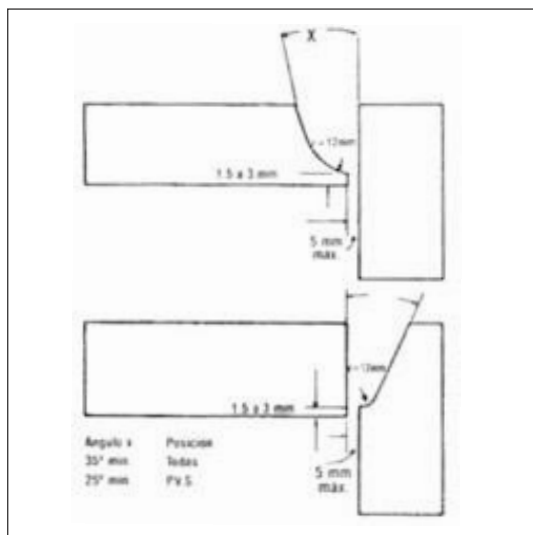
FIG.16.3

# **JUNTAS CON CHAFLAN PARA SOLDAR POR AMBOS LADOS**

FIG.3.16.4

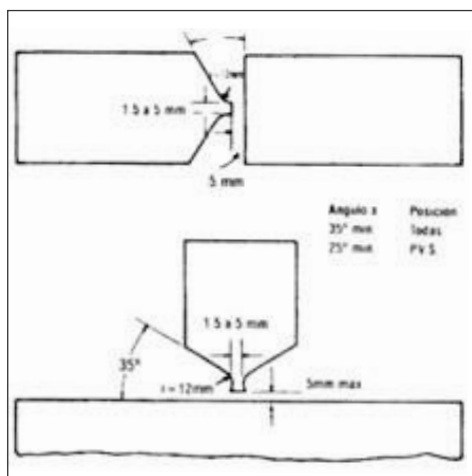
# **JUNTAS CON BISEL EN J PARA SOLDAR POR UNO O AMBOS LADOS**





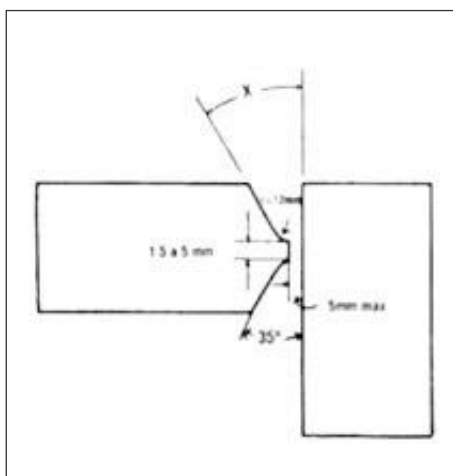
**FIG.3.16.5**

**JUNTAS CON BISEL  
EN J  
PARA SOLDAR DE  
UNO O AMBOS LADOS**



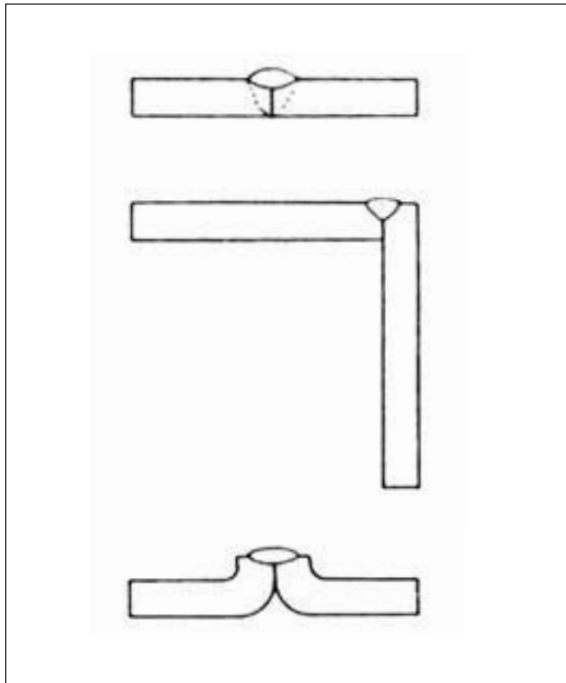
**FIG.3.16.6**

**JUNTAS CON BISEL  
EN DOBLE J  
PARA SOLDAR DE  
AMBOS LADOS**



**FIG.3.16.6 A**

**JUNTAS CON BISEL  
EN DOBLE J  
PARA SOLDAR DE  
AMBOS LADOS**



**FIG.3.17**

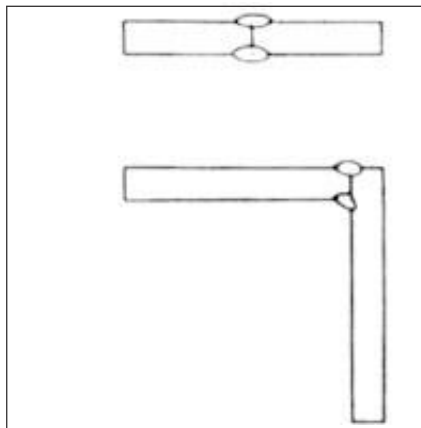
**FIG.3.17.**

**Ensamble con chaflán cuadrado,soldado por un lado con penetración de la junta parcial o completa.**

- 1) La resistencia depende del grado de penetración de la soldadura.
- 2) No se debe usar cuando la tensión,originada por un doblaje,se concentra en la raíz de la soldadura.
- 3) No se debe usar cuando el conjunto queda sujeto a fatiga o impacto.
- 4) No se debe usar cuando el servicio se efectúa a bajas o altas temperaturas,o en ambientes corrosivos.
- 5) Económica preparación de junta,solo se requiere el emparejamiento de los bordes.
- 6) Una completa penetración de junta se obtiene en materiales relativamente delgados.
- 7) Recomendado para espesores menores de 6 mm.
- 8) Las uniones que se logran son relativamente resistentes a cargas estáticas.

**FIG.3.18.**

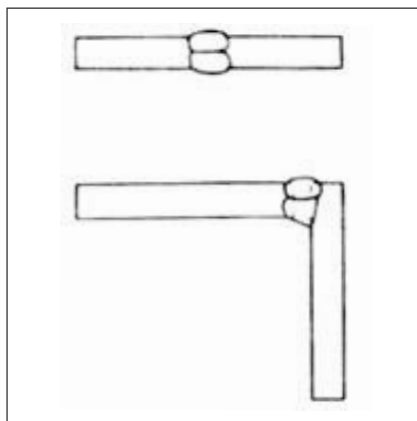
Ensamble con chaflán cuadrado, soldado por los dos (2) lados, con penetración parcial de la junta.



**FIG.3.18**

- 1) La resistencia depende del grado de penetración de la soldadura y de la magnitud de la garganta en el caso de la junta en ángulo.
- 2) Sirve para soportar únicamente cargas estáticas.
- 3) No se debe usar cuando el conjunto va a quedar sujeto a fatiga, impacto o cuando el servicio es a altas o bajas temperaturas.
- 4) Económica desde el punto de vista de preparación de la junta y consumo de la soldadura.

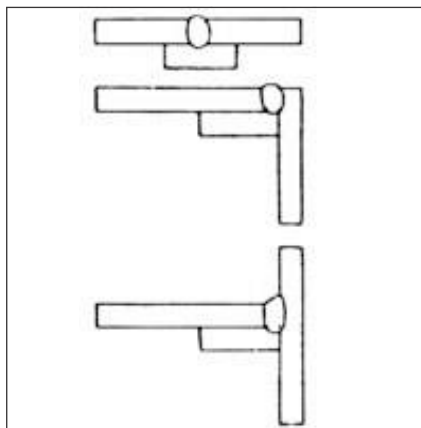
**FIG.3.19**



**FIG. 3.19.**

**Ensamble con chaflán cuadrado, soldado por los dos (2) lados, con penetración total de la junta.**

- 1) Se puede utilizar con cualquier tipo de carga.
- 2) Económica en cuanto a su preparación y consumo de soldadura.
- 3) Sin apertura de raíz se puede obtener una penetración completa de la junta cuando se sueldan materiales hasta de 3 mm., de espesor.
- 4) Con apertura de raíz igual a la mitad del espesor del material se puede obtener penetración total con espesores hasta de 6 mm.
- 5) Para efecto de obtener sueldas sanas hay que remover la escoria de la raíz del primer cordón y luego sí efectuar el segundo.



**FIG.3.20**

**FIG.3.20.**

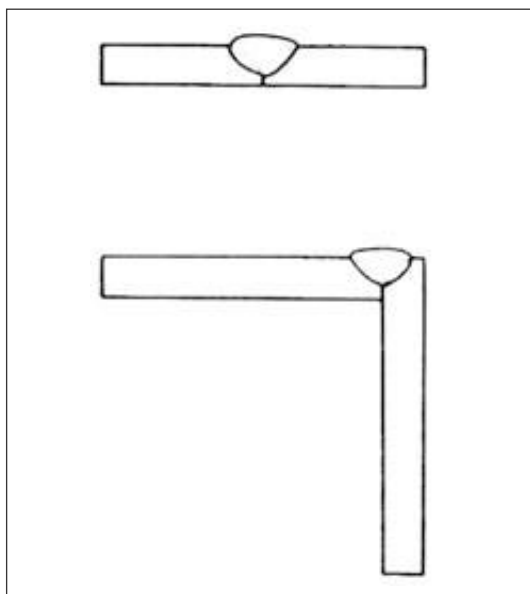
**Ensamble cuadrado, soldado por un lado, con platina de respaldo y penetración total de la junta.**

- 1) Adecuada para cualquier situación de carga.
- 2) Util cuando toda la soldadura se tiene que hacer por un lado.
- 3) Se puede utilizar cuando el espesor del material no exceda de 5 mm.
- 4) La apertura de la raíz debe ser igual al espesor del material.
- 5) Preparación económica de junta.
- 6) La platina de respaldo se puede quitar una vez efectuada la unión.

**FIG.3.21.**

**Ensamble con chaflán en «V» sencilla, soldada por un lado, con penetración parcial o total de la junta.**

- 1) La resistencia depende del grado de penetración, la cual es ligeramente mayor que la profundidad del chaflán.
- 2) Cuando la profundidad del chaflán no excede de 19 mm., se puede considerar que el proceso es económico desde el punto de vista de la cantidad de soldadura consumida.
- 3) No se debe utilizar cuando la tensión queda concentrada en la raíz, ni cuando queda sujeto a impacto o fatiga.
- 4) Se puede utilizar cuando las cargas son estáticas.
- 5) Su preparación es económica.

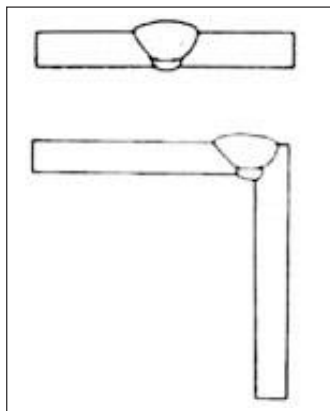


**FIG. 3.21**

**FIG.3.22**

**Ensamble con chaflán en «V» sencilla, soldada por los dos (2) lados con penetración total de la junta.**

- 1) Excelente resistencia para todos los tipos de carga.
- 2) En cuanto al consumo de soldadura, es económico hasta la espesores de 19 mm.
- 3) Para obtener resistencias máximas hay que remover la escoria de la raíz de la primera soldadura antes de efectuar la de respaldo.

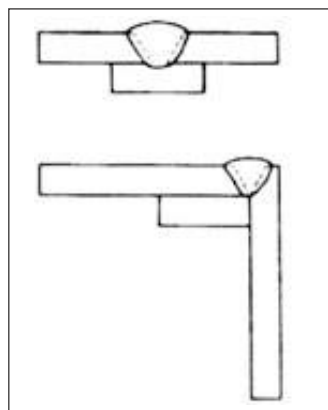


**FIG.3.22**

**FIG.3.23**

**Ensamble con chaflán en «V» sencilla, con platina de respaldo, penetración completa de junta.**

- 1) Similar a la anterior, se utiliza cuando sólo se puede soldar por un lado.
- 2) Después de soldar se puede quitar la platina de respaldo.



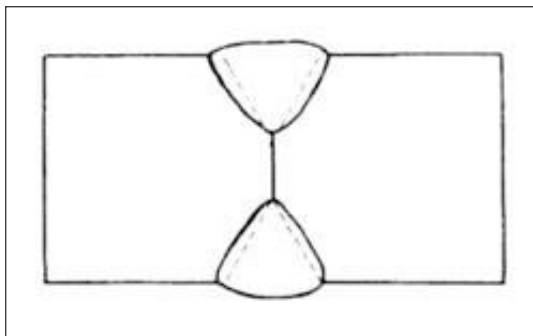
**FIG.3.23**



**FIG.3.24**

**Ensamble con chaflán en doble «V» ,soldada por los dos (2) lados con penetración parcial de junta.**

- 1) La resistencia depende de la penetración de junta.
- 2) Se utiliza únicamente para carga estática.
- 3) No se debe utilizar cuando el ensamble está sujeto a fatiga o impacto.
- 4) Económica cuando la profundidad de los chaflanes no excede de 19 mm.

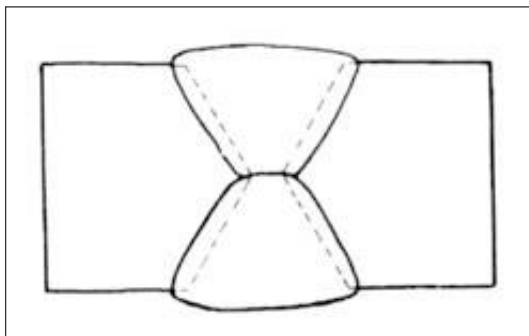


**FIG. 3.24**

**FIG.3.25**

**Ensamble con chaflán en doble «V» soldado por los dos (2) lados con penetración total de la junta.**

- 1) Apropriado para cualquier tipo de carga.
- 2) Se debe remover la escoria de la raíz de la primera soldadura. Antes de efectuar la de respaldo.
- 3) En espesores hasta de 40 mm., son económicas desde el punto de vista del consumo de soldadura.

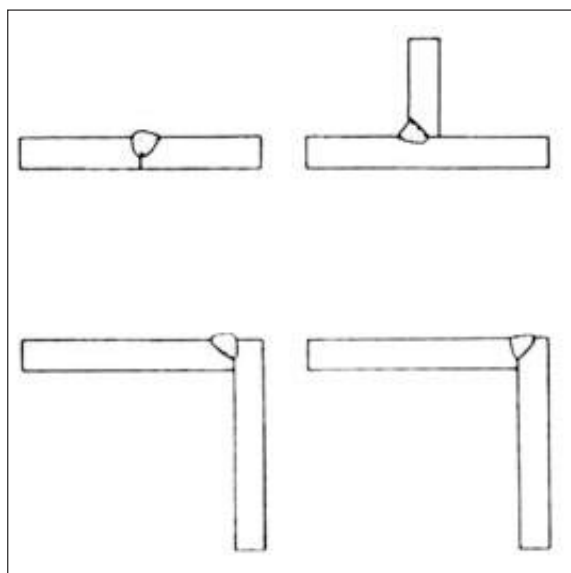


**FIG. 3.25**

**FIG.3.26**

**Ensamble con bisel en «V» simple, soldado por un lado, con penetración parcial o total de la junta.**

- 1) La resistencia depende de la profundidad del bisel.
- 2) La presencia de una cara perpendicular hace difícil la obtención de sueldas sanas.
- 3) No se debe utilizar cuando una tensión, originada por un doblaje, se concentra en la raíz de la soldadura ni cuando el conjunto va a estar expuesto a cargas de impacto o a fatiga.
- 4) Cuando la profundidad del bisel no excede de los 19 mm., en ensamble es económico desde el punto de vista del consumo de la soldadura.

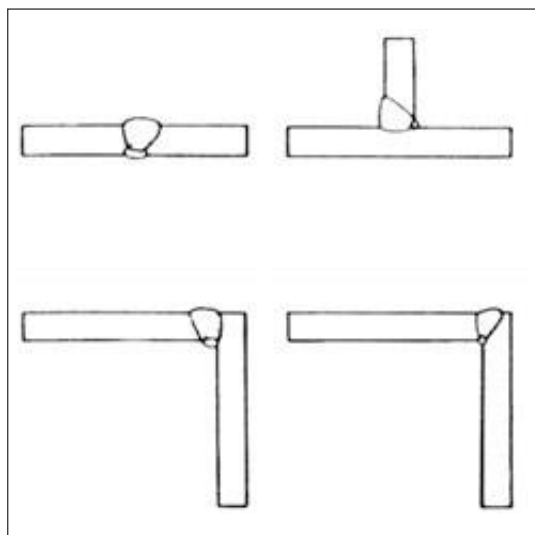


**FIG. 3.26**

**FIG.3.27**

**Ensamble con bisel en «V» simple, soldada por los dos (2) lados, con penetración completa de junta.**

- 1) Excelente resistencia para todos los tipos de carga, siempre y cuando se remueva la escoria de la raíz de la primera soldadura antes de efectuar la segunda.
- 2) Difícil de obtener una suelda sana debido al borde perpendicular de la junta, que atrapa con facilidad la escoria.
- 3) El consumo de soldadura es económico hasta de espesores de 19 mm.

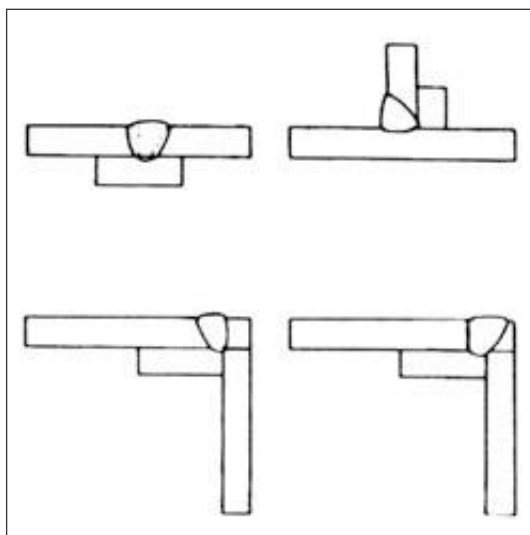


**FIG. 3.27**

**FIG.3.28**

**Ensamble con bisel en «V» simple, soldado por un lado, con penetración de junta total y con platina de respaldo.**

Similar a la anterior, se utiliza cuando se puede soldar por un lado, la platina de refuerzo se puede quitar una vez obtenida la unión.

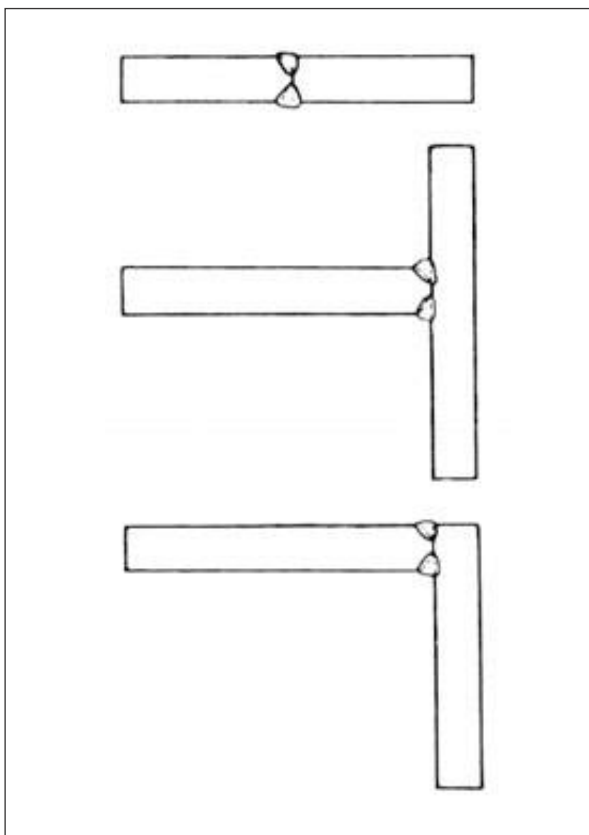


**FIG. 3.28**

**FIG. 3.29**

**Ensamble con doble bisel en «V» simple, soldada por los dos (2) lados con penetración parcial de la junta.**

- 1) La resistencia depende de la profundidad de los biseles.
- 2) El borde perpendicular dificulta la obtención de soldas sanas.
- 3) Se utiliza para cargas estáticas únicamente.
- 4) No se debe usar cuando las cargas son de impacto o el conjunto está sujeto a fatiga.
- 5) El consumo de soldadura es tolerante cuando la profundidad del bisel no excede de 19 mm.

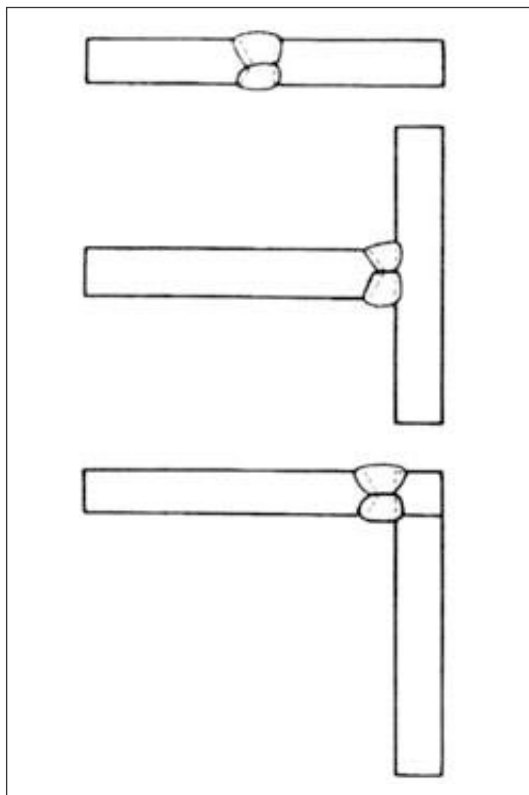


**FIG. 3.29**

**FIG. 3.30**

**Ensamble con doble bisel en «V» simple, soldado por los dos (2) lados con penetración total.**

- 1) Se puede utilizar con cualquier tipo de carga.
- 2) Excelente resistencia cuando se remueve la escoria de la raíz de la primera soldadura antes de efectuar la de respaldo.
- 3) La presencia del borde perpendicular dificulta la obtención de sueldas sanas.
- 4) Consumo de soldadura económico cuando el espesor no excede de 40 mm.

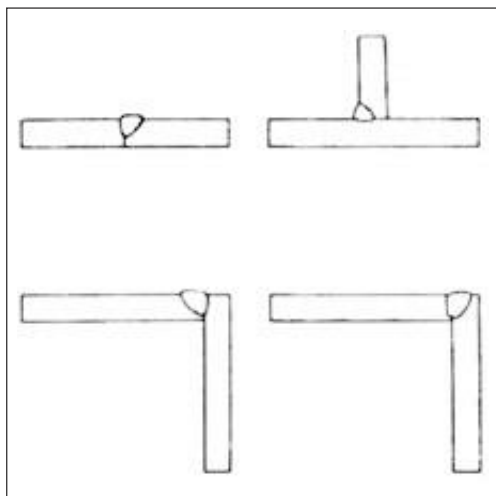


**FIG. 3.30**

**FIG. 3.31**

**Ensamble con bisel en «J» soldado por un lado con penetración parcial o total de la junta.**

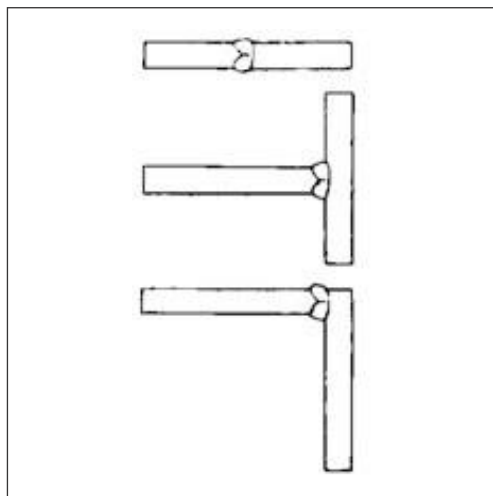
- 1) La resistencia depende de la profundidad del bisel.
- 2) La cara perpendicular del chaflán dificulta la obtención de sueldas sanas.



**FIG. 3.31**

- 3) No se debe utilizar cuando la tensión queda concentrada en la raíz de la soldadura, ni cuando las cargas son de impacto.
- 4) Este tipo de ensamble no se debe usar cuando esté sometida a fatiga.
- 5) Cuando se trabaja con espesores superiores a 19 mm., el consumo de soldadura es inferior que el de los ensambles anteriores, sin embargo la preparación de la junta es más costosa.

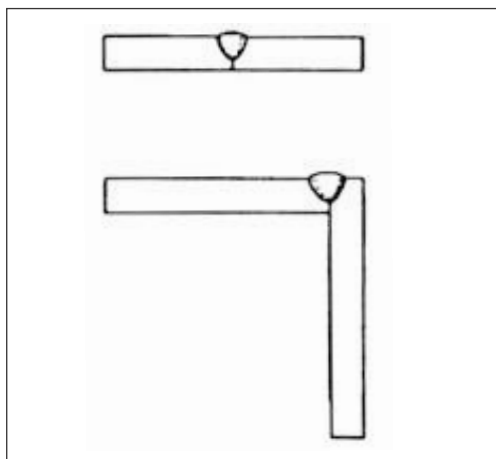
**FIG. 3.32**



**FIG. 3.32.**

**Ensamble con bisel doble en «J» soldado por los dos lados con penetración total.**

- 1) Excelente resistencia en todas las situaciones de carga, siempre y cuando se remueva la escoria de la raíz de la primera soldadura, antes de efectuar la segunda.
- 2) Difícil de obtener soldas sanas debido a la presencia de una cara perpendicular en el chaflán.
- 3) La preparación de la junta es costosa.
- 4) Cuando la profundidad de cada bisel es mayor que 19 mm., se necesita menos soldadura para obtener la unión que cualquiera de los ensambles equivalentes descritos con anterioridad.



**FIG. 3.33**

**FIG. 3.33**

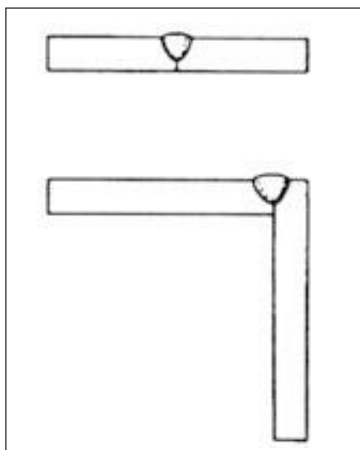
**Ensamble con chaflán en «U» sencilla, soldada por un lado con penetración parcial de la junta.**

- 1) La resistencia depende de la profundidad del chaflán.
- 2) La unión se puede obtener fácilmente.
- 3) El consumo de soldadura es mucho menor que el equivalente con bisel en «J» pero la preparación de la junta es mucho más costosa.
- 4) No se debe usar cuando una tensión debida a doblaje se concentra en la raíz de la soldadura, ni cuando las cargas son de impacto o se presenta fatiga.
- 5) Útil para soportar cargas estáticas únicamente.

**FIG. 3.34**

**Ensamble con chaflán en «U» sencilla, soldada por los dos (2) lados, con penetración total de la junta.**

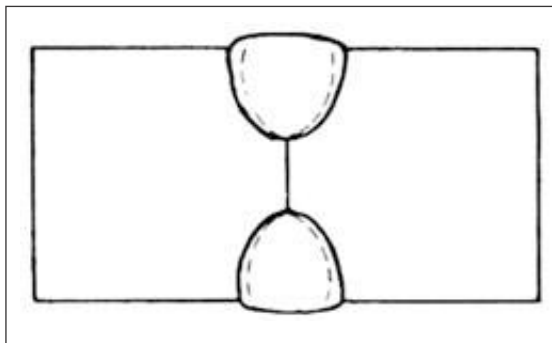
- 1) Resistente en todas las condiciones de carga.



**FIG. 3.34**

- 2) Cuando se trabaja en espesores superiores a los 19 mm., el consumo de soldadura es relativamente pequeño.
- 3) Con este tipo de ensamble se puede lograr la unión fácilmente, pero para obtener sueldas sanas hay necesidad de remover la escoria de la raíz de la primera soldadura antes de efectuar la de respaldo.
- 4) Su preparación es costosa.

**FIG. 3.35**



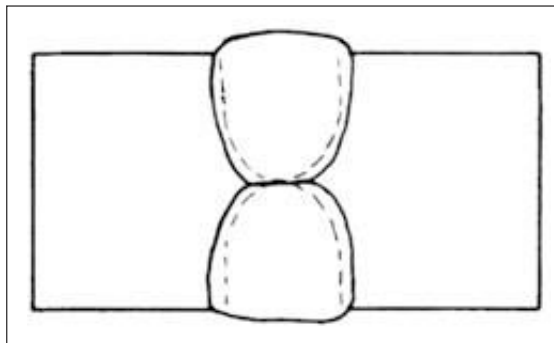
**FIG. 3.35**

**Ensamble con chaflán en doble «U» soldada por los dos (2) lados, con penetración parcial de la junta.**

- 1) La resistencia del ensamble depende de la profundidad del chaflán.
- 2) Es fácil de soldar pero costosa de preparar.



- 3) Soporta cargas estáticas únicamente, no se debe usar cuando el ensamble esté sujeto a impacto o fatiga.
- 4) Económica desde el punto de vista de la soldadura consumida y en especial cuando la profundidad de cada chaflán excede de 19 mm.



**FIG. 3.36**

**FIG. 3.36**

**Ensamble con chaflán en doble «U» soldado por los dos (2) lados con penetración total de la junta.**

- 1) Se obtienen sueldas de excelente resistencia para todo tipo de cargas.
- 2) Fácil de soldar pero difícil y costosa la preparación de la junta.
- 3) Para obtener sueldas sanas hay que remover la escoria de la raíz de la primera soldadura antes de efectuar la de respaldo.
- 4) Espesores mayores de 40 mm., se pueden soldar con menor consumo de soldadura que cualquier otro ensamble equivalente.

### **3.2.2.2 – Ensamble en Filete:**

Los ensambles con filete, son sueldas de área seccional triangular, que une dos (2) superficies que están a 90° aproximadamente la una de la otra.

Este tipo de ensamble se utiliza en uniones de solape, en ángulo o en «T».

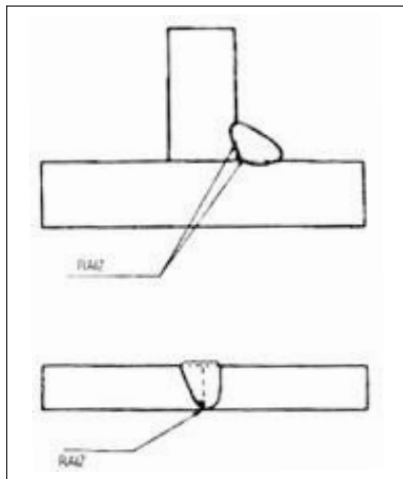
La Figura 3.39 A.B., ilustra tres (3) tipos de ensamble en filete que se utilizan, normalmente con sus respectivos nombres.

A continuación se define e ilustran las diferentes partes que forma un ensamble en filete.

#### **RAIZ:**

#### **FIG. 3.37**

El lugar a donde el extremo inferior de la soldadura intersecta las dos superficies por unir.



**FIG. 3.37**

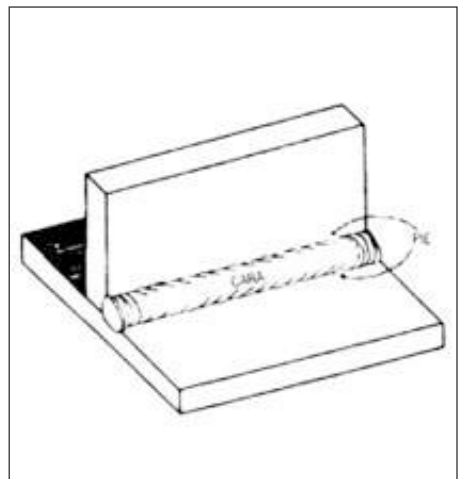
**CARA DE LA SOLDADURA:**

La superficie de la soldadura que queda expuesta al ambiente (Fig.3.38).

**PIE DE LA SOLDADURA:**

La unión entre la cara de la soldadura y el metal base (Fig.3.38).

**FIG. 3.38**



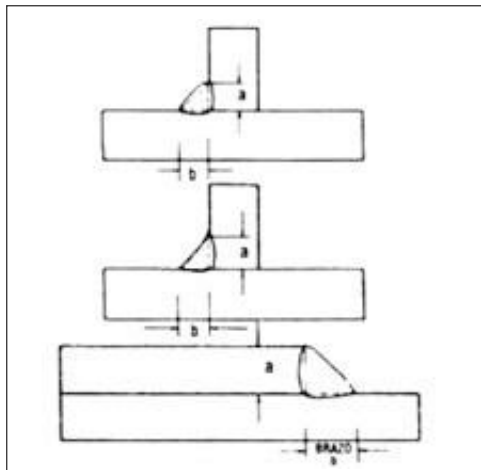
**BRAZO DE LA SOLDADURA:**

La distancia que existe entre la raíz y el pie de la soldadura. (Fig.3.39).

### TAMAÑO DE LA SOLDADURA:

#### BRAZOS IGUALES:

La longitud de los lados del triángulo isóceles, rectangular, de dimensiones máximas que se puede inscribir en la sección de la soldadura (Fig.3.39). Cuando 'a' es igual a 'b'.



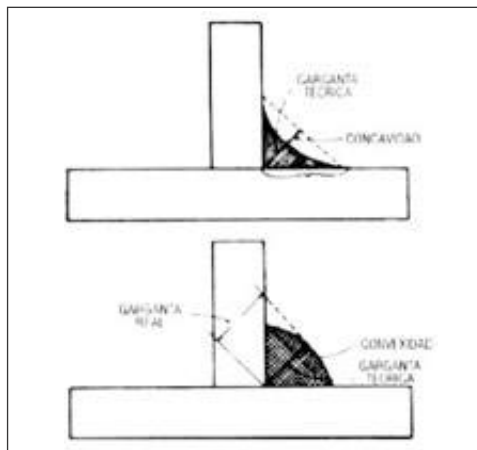
**FIG.3.39**

**ILUSTRA ENTRE FLECHAS  
LA DIMENSION DEL BRAZO  
DE LA SOLDADURA**

#### BRAZOS DESIGUALES:

Las dimensiones de los lados del triángulo rectángulo, de dimensión máximas que se pueden inscribir en la sección de la soldadura. (Fig.3.39). Cuando 'a' es diferente de 'b'.

**FIG.3.40**



#### ENSAMBLE EN FILETE CONCAVO O CONVEXO:

Una junta soldada en filete con la cara cóncava o convexa (Fig. 3.40).

### **GARGANTA REAL O ACTUAL:**

La mínima distancia existe entre la raíz y la cara.

### **GARGANTA TEÓRICA:**

La altura del triángulo rectángulo mayor que se pueda inscribir dentro del área seccional de la soldadura, tomando su raíz como el vértice opuesto a la hipotenusa. (Fig.3.40).

### **CONVEXIDAD:**

En un ensamble en filete convexo la convexidad se define como la diferencia entre la garganta real y la teórica (Fig.3.40).

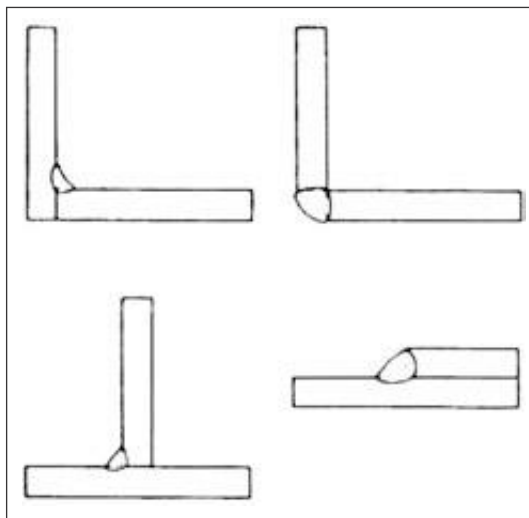
### **CONCAVIDAD:**

La distancia máxima existente, entre la cara y la línea que une los pies de la soldadura.

Por razones de economía y cuando el diseño de la estructura soldada lo permite, se utilizan los ensambles en filete en vez de los ensambles con chaflán. Aunque la preparación de junta es muy sencilla, su consumo de soldadura es mayor que en el caso de los ensambles con chaflán.

A continuación describiremos las ventajas y limitaciones en el uso de los tres tipos de ensamble en chaflán.

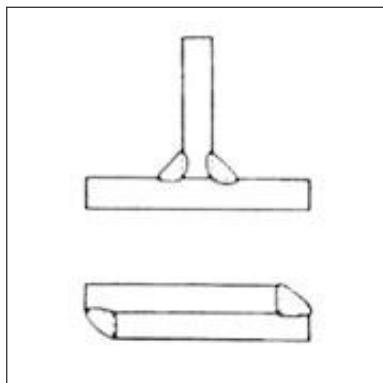
**FIG. 3.41**



**FIG. 3.41**

**Ensamble con filete sencillo.**

- 1) La resistencia depende del tamaño del filete.
- 2) No se necesita ninguna preparación de los bordes de las piezas por unir.
- 3) Útil cuando el conjunto tiene que soportar cargas estáticas.
- 4) No se debe utilizar cuando la tensión debida a un doblaje se concentra en la raíz de la soldadura.
- 5) No se debe usar cuando el conjunto va a estar sujeto a fatiga o a cargas de impacto.
- 6) No se debe soldar con este ensamble placas pesadas.

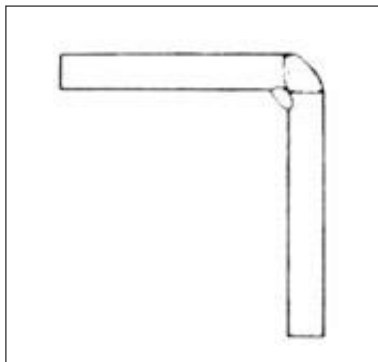


**FIG. 3.42**

**FIG.3.42**

#### **Ensamble en filete doble.**

- 1) Con un filete de tamaño adecuado se puede obtener excelente resistencia a cargas estáticas.
- 2) No requiere preparación.
- 3) El consumo de soldadura es tolerable cuando las secciones de las piezas por soldar son de dimensiones medianas (espesor máximo 20 mm.).
- 4) En el caso de uniones de solape, se obtiene la resistencia máxima cuando la dimensión del solape es cinco (5) veces el espesor del miembro más delgado.



**FIG. 3.43**

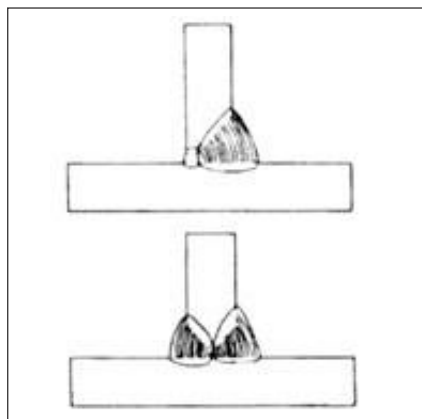
**FIG.3.43**

**Ensamble con filete doble con penetración total de la junta, soldado por ambos lados.**

- 1) Excelente resistencia en todas las situaciones de carga, siempre y cuando se remueva la escoria de la raíz de la primera soldadura, antes de efectuar la de respaldo.
- 2) No requiere preparación de la junta.
- 3) El consumo de soldadura no es excesivo cuando las secciones de las piezas por unir son de dimensiones medianas (máximo 20 mm.).

**3.2.2.3 – Ensamble –Combinado**

Se pueden hacer juntas soldadas que incluyan un ensamble en filete adicionado a uno en chaflán. El ensamble combinado sirve para distribuir los esfuerzos y para aumentar la resistencia de la estructura soldada.



**FIG. 3.44**

La cara del filete debe ser cóncava cuando la dirección de los esfuerzos son transversales a la junta.

La Figura 3.44, nos muestra ejemplos típicos de ensambles combinados.

**3.3 – REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA:**

La soldadura es un proceso de fabricación o ensamble de piezas mecánicas, por lo tanto requiere de medios para comunicar la información del diseñador al soldador.

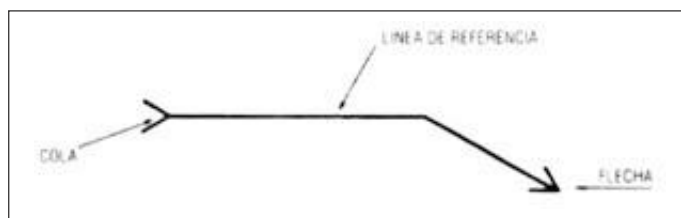
Para lograr esta comunicación se tiene un sistema de símbolos con los cuales se puede interpretar claramente las ideas del diseñador.

Las instrucciones y símbolos que se presentan a continuación, son los que aparecen en el folleto AWS A20-58 titulado Welding Symbols en lo que se relaciona al proceso de soldadura por arco con electrodo manual revestido.

Las Figuras 3.10,3.36, y 3.44, muestran los diferentes tipos de ensambles soldados a saber:

- Con Chaflán
- En filete
- Combinados Respectivamente

Los componentes básicos del sistema de representación simbólica, son una flecha, una línea de referencia, (a la que se le debe agregar otros símbolos) y la cola (Fig.3.47).



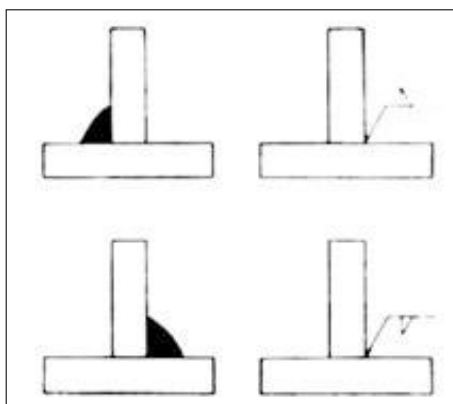
**FIG. 3.47**

**FIG. 3.47**

La flecha apunta a la junta a realizar, la línea de referencia se usa para ubicar en ella los símbolos de la soldadura y en la «cola » se incluye información adicional o información referente al proceso de soldadura a utilizar.

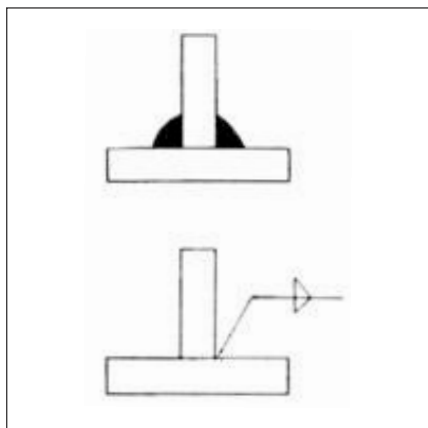
### 3.3.1 – Instrucciones Generales:

**3.3.1.1.- Los símbolos colocados en la línea de referencia definen el tipo de soldadura deseada.**



**FIG. 3.48**



- a) La flecha debe conectar la línea de referencia con un lado de la junta. Cuando la soldadura se debe hacer en el lado que indica la flecha, el símbolo correspondiente se debe colocar por debajo de la línea de referencia, cuando la unión se debe lograr en el lado opuesto al indicado por la flecha, el símbolo correspondiente se debe colocar sobre la línea de referencia (Fig.3.48).
- b) Cuando la unión se debe lograr por los dos lados, se deben incluir los símbolos correspondientes a lado y lado de la línea de referencia. (Fig.3.49).



**FIG. 3.49**

- c) En la cola del símbolo se hacen anotaciones respecto al proceso de soldadura, normas, tipo de electrodo a usar etc., (Fig.3.50 A).

Cuando no se necesita incluir ninguna información de este tipo se puede omitir la cola (Fig.3.50 B).

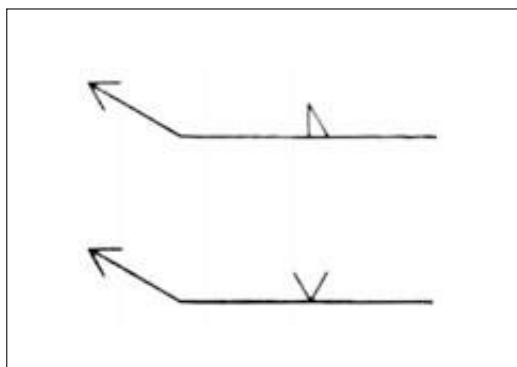
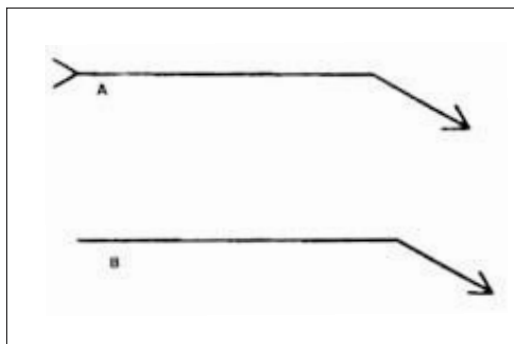
- d) Cuando la soldadura se extiende a lo largo de toda la junta se indica con el símbolo  y cuando la unión se debe obtener en el lugar de ensamble y no en el que se efectuó la construcción primaria, se indica con el siguiente símbolo. 

**FIG. 3.50**

- e) El símbolo de la soldadura a efectuar se debe colocar en la línea de referencia y no en las líneas del dibujo.
- f) Los símbolos de uniones con bisel, en filete en «J» y por el borde deben tener el lado perpendicular a la izquierda desde el punto de vista del lector (Fig.3.51).



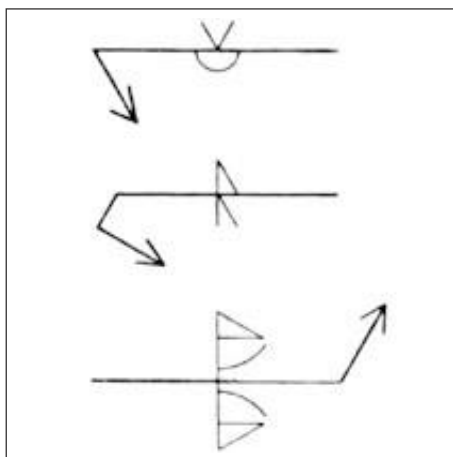
**FIG. 3.50**



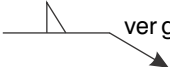
**FIG. 3.51**

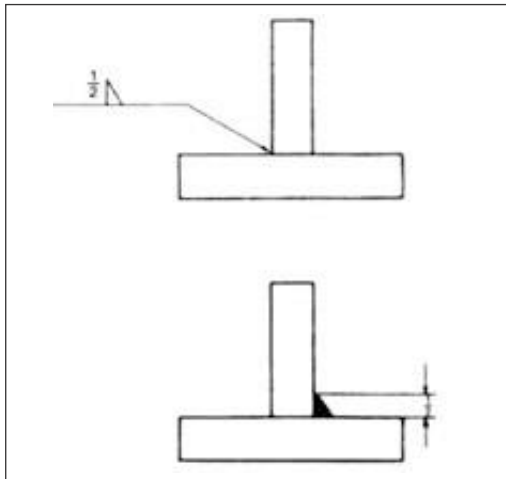
- g) La información dimensional se debe incluir a lo largo de la línea de referencia para efectos de ser leída de izquierda a derecha.
- h) Para uniones que tengan más de una soldadura, el símbolo debe incluir indicación e información de cada una (Fig.3.52).

**FIG. 3.52**



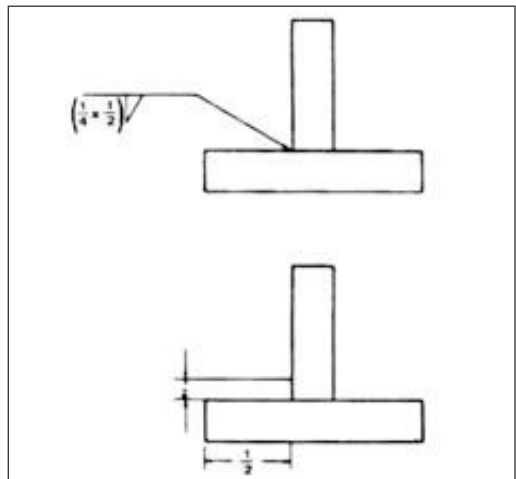
### 3.3.1.2. - Representación simbólica de los ensambles en filete:(Instrucciones)

- a) El símbolo básico de la unión es el siguiente  ver gráfica.



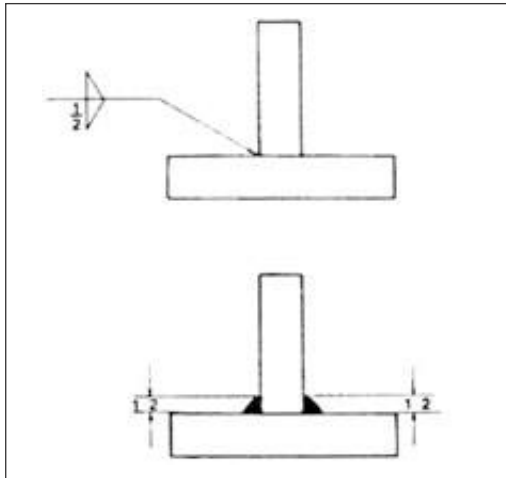
**FIG. 3.53**

- b) El tamaño de la soldadura se coloca a la izquierda del símbolo (Fig.3.53).
- c) Cuando los brazos son desiguales, las dimensiones se deben colocar entre paréntesis (Fig.3.54).



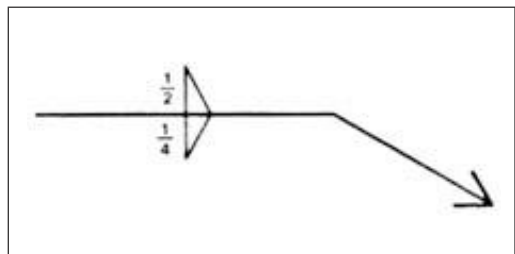
**FIG. 3.54**

- d) Cuando se va a lograr la unión por los dos (2) lados y las dimensiones son iguales, se puede dimensionar un solo símbolo (Fig.3.55)., cuando son diferentes se deben dimensionar cada una por separado (Fig.3.56).

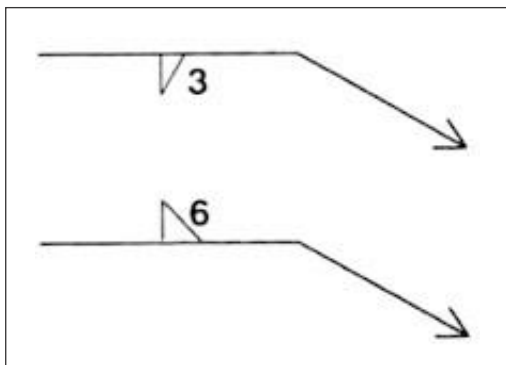


**FIG. 3.55**

**FIG. 3.56**

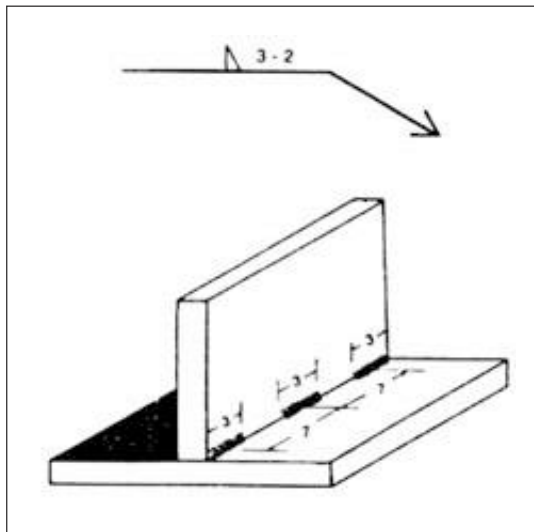


- e) La longitud de la unión se coloca a la derecha del símbolo (Fig.3.57).



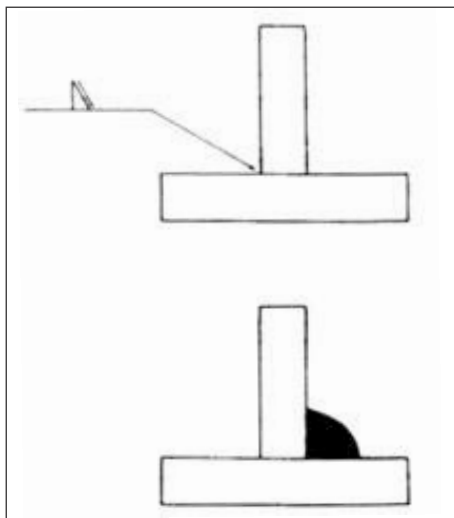
**FIG. 3.57**

- f) Cuando la unión se debe lograr por tramos, se señala de la forma que indica la Figura 3.58, en donde el primer número da la longitud de cada cordón y el segundo la distancia entre cada uno, medida desde sus respectivos centros.



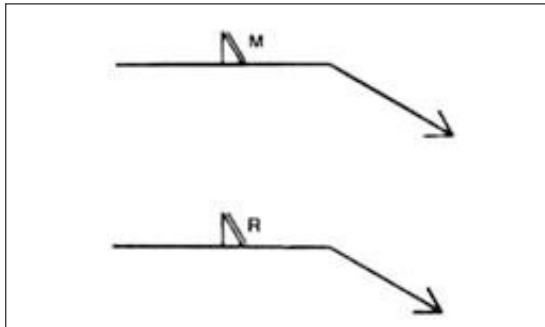
**FIG. 3.58**

- g) Las características de acabado de la cara de la soldadura se ilustra de la siguiente manera:
1. Obtener la cara de la soldadura aproximadamente plana (Fig.3.59).



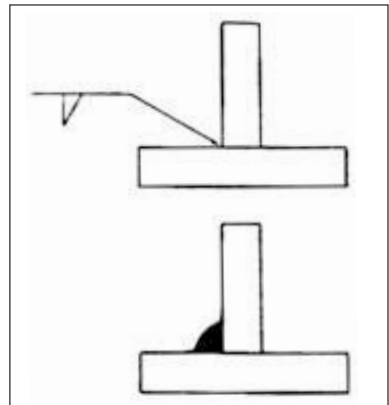
**FIG. 3.59**

2. Obtener la cara de la soldadura plana por métodos mecánicos.(Fig.3.60).



**FIG. 3.60**

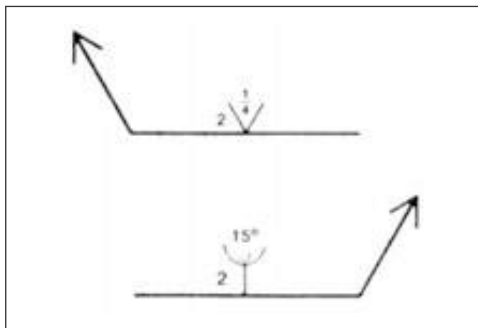
3. Obtener la cara de la soldadura convexa por métodos mecánicos (Fig.3.61).



**FIG. 3.61**

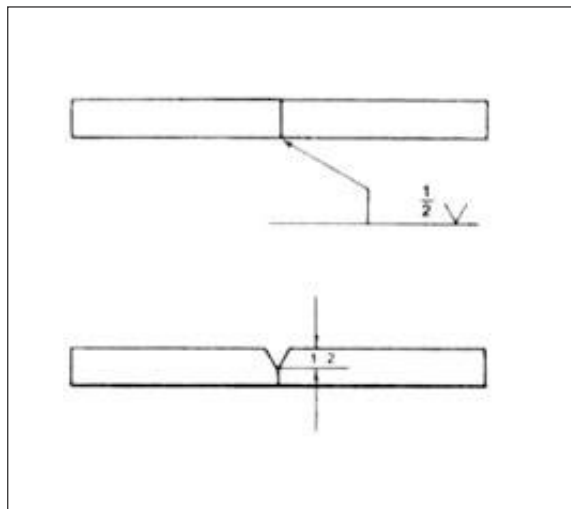
### 3.3.1.3. - Representación simbólica de los ensambles en chaflán.(Instrucciones).

- a) Las dimensiones del chaflán o del bisel se deben colocar el mismo lado del símbolo correspondiente.(Fig.3.62).



**FIG. 3.62**

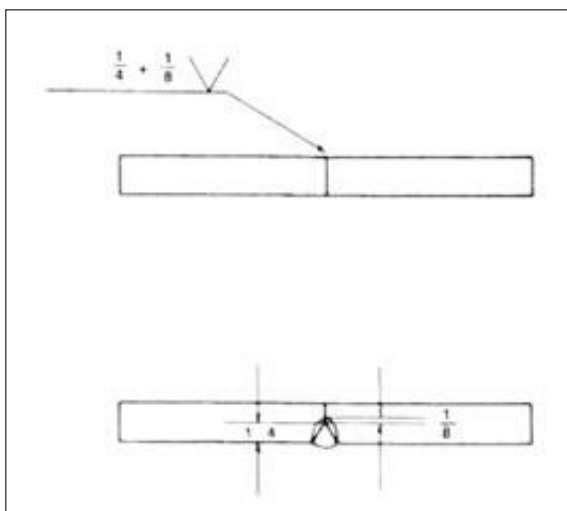
b) La profundidad del chaflán se muestra a la izquierda del símbolo respectivo (Fig. 3.63).



**FIG. 3.63**

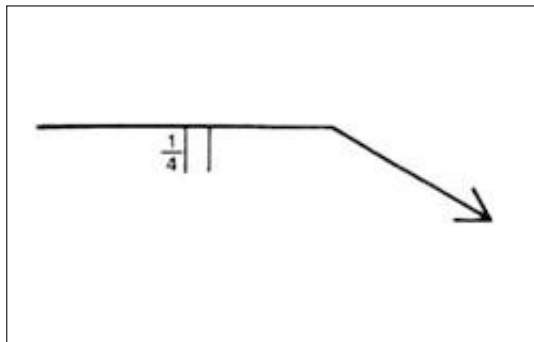
c) Cuando la unión debe tener una determinada penetración de raíz se ilustra de la siguiente manera: (Fig.3.64).

**FIG. 3.64**



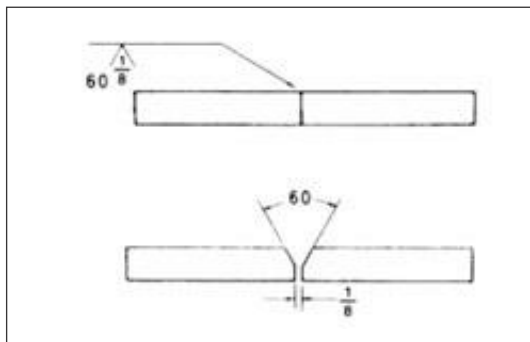
El primer número expresa la profundidad del bisel o del chaflán y el segundo la penetración de raíz.

Cuando se tiene el caso específico de chaflán cuadrado se ilustra de la siguiente manera (Fig.3.65), en donde el número expresa la penetración de raíz.



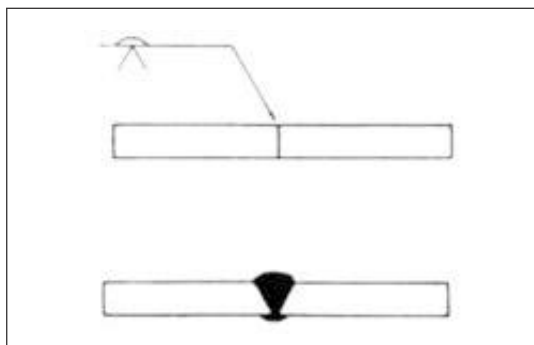
**FIG. 3.65**

- d) La apertura de raíz y el ángulo de chaflán se incluyen en la representación simbólica de la manera como lo indica la Figura 3.66.



**FIG. 3.66**

- e) Cuando la unión se debe obtener con soldadura de refuerzo, se debe colocar el símbolo correspondiente en el lado opuesto al que denote el chaflán. (Fig.3.67).



**FIG. 3.67**

- f) Cuando se suelda por lado y lado con chaflanes iguales, se puede dimensionar un solo símbolo (Fig.3.68.A), y cuando son diferentes se debe dimensionar cada uno por separado. (Fig.3.68.B).

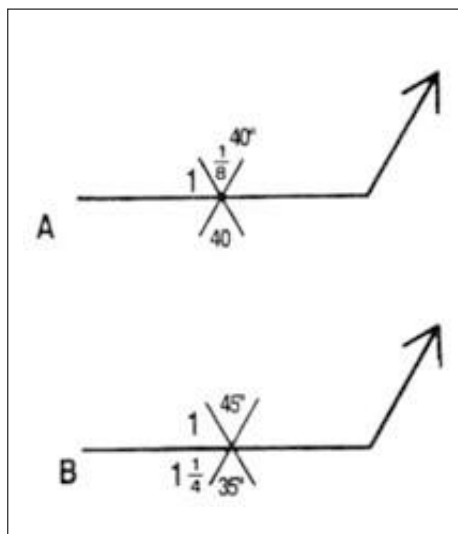


FIG. 3.68

- g) Cuando la cara de la soldadura debe quedar aproximadamente plana, se utiliza la siguiente norma (Fig.3.69.A), y cuando se quiere que quede plano o cóncava por métodos mecánicos, se ilustra de la manera como lo muestra la Fig.3.69.B).

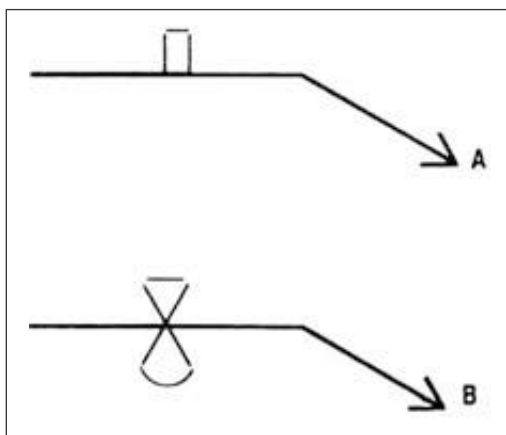
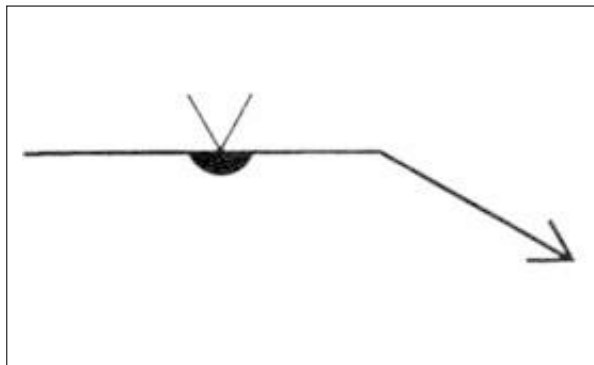


FIG. 3.69



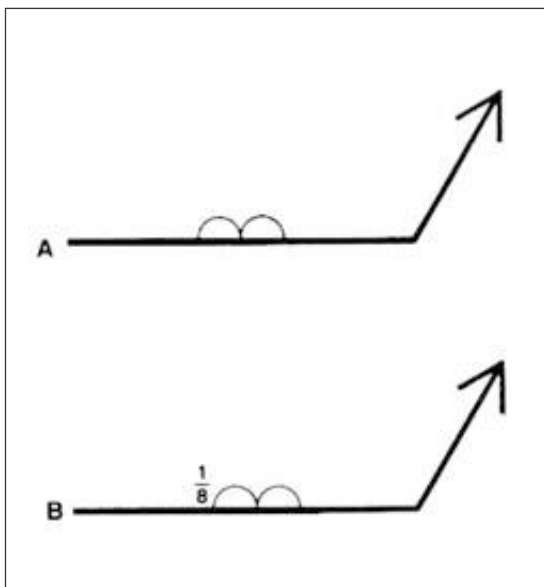
- h) Cuando se desea una penetración total al soldar por un solo lado, se utiliza el símbolo de fusión total (Fig.3.70).



**FIG. 3.70**

#### **3.3.1.4. - Recubrimientos. (Instrucciones)**

- a) El símbolo que muestra la Figura 3.71.A, se utiliza para indicar el proceso para recubrir una superficie con soldadura.
- b) La dimensión o altura del depósito se coloca a la izquierda del símbolo como lo muestra la Fig.3.71.B.



**FIG. 3.71**

### 3.3.1.5. - Representación simbólica del ensamble por reborde:

a) Esta unión se representa con los símbolos que muestra la Fig.3.72.

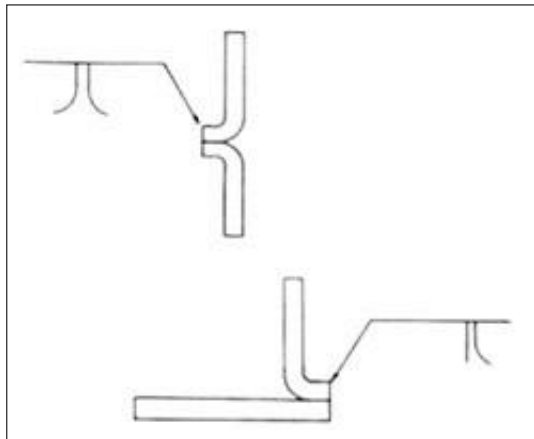


FIG. 3.72

b) Las dimensiones se colocan a la izquierda del símbolo (Fig.3.73).,en donde el primer número de la suma corresponde al radio de la curvatura y el segundo a la altura por sobre el punto de tangencias.  
El número que se encuentra solo,corresponde al tamaño de la soldadura.

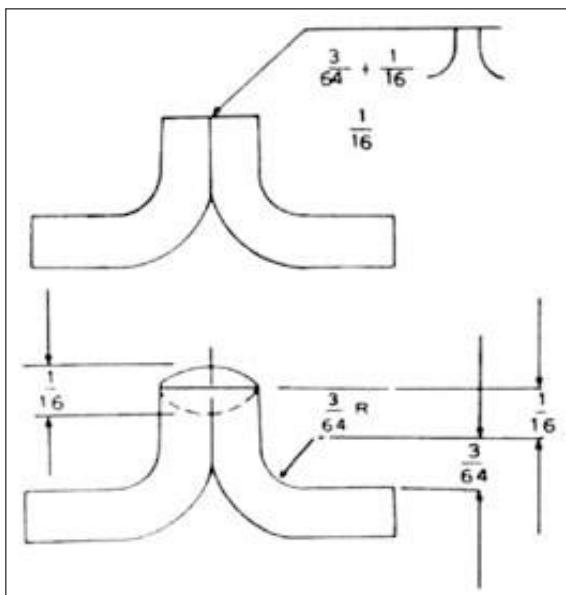
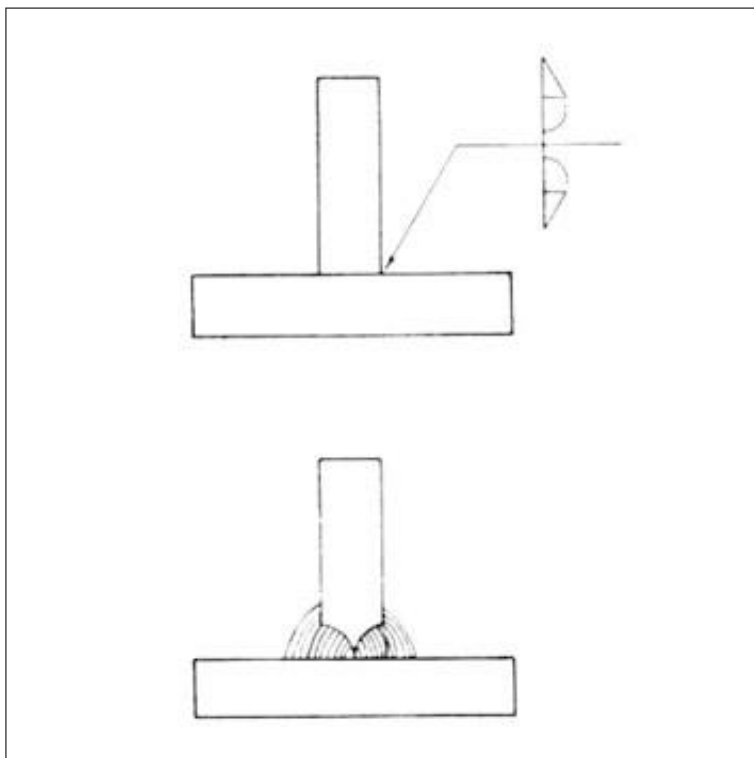


FIG. 3.73

### 3.3.1.6. - Representación simbólica de un ensamble combinado (Fig.3.74).

Las dimensiones de la soldadura en chaflán o bisel y del filete se deben indicar por separado y al lado del símbolo correspondiente.



**FIG. 3.74**

# **CAPITULO IV**

## **CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL ACERO**

## CAPITULO IV

### CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL ACERO

El hierro es un elemento metálico que se conoce en química con el símbolo **Fe** . Este metal es blando, dúctil y tiene una resistencia relativamente baja. En sus condiciones de hierro puro, tiene pocas aplicaciones y además es muy costoso producirlo, pues se encuentra en la naturaleza en forma de óxido de hierro, con una gran cantidad de impurezas que es difícil quitarle totalmente. Además se encontró que dichas impurezas le daban al hierro características diferentes de resistencia, ductilidad, que lo hacían más apto para las diferentes necesidades de la industria.

En general, el hierro puede contener como impurezas después de producido, pequeñas cantidades de carbono, manganeso, silicio, fósforo, azufre, cromo, níquel etc., y estos materiales aún en muy pequeñas proporciones pueden producir grandes efectos como es el caso con el carbono.

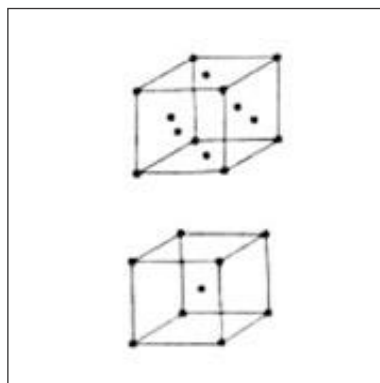
Cuando al hierro se le deja un poco de carbono, se le da el nombre de acero.

Para darnos una idea del gran efecto del carbono sobre el hierro, bastará con decir que 2 Kgr., de Carbono en una tonelada de hierro para aumentar la resistencia de una varilla de una (1)pulgada de espesor desde 18.000 a 27.000 Kgs., (40.000 a 60.000) psis. Sin embargo la ductilidad disminuye cuando el carbono aumenta.

Por otra parte vale la pena decir que el acero puede cambiar sus características de resistencia si se somete a cambios más o menos rápidos de temperatura.

Para entender el efecto de la temperatura sobre las propiedades del acero, es necesario comprender que el hierro sólido está formado por cristales semejantes a los de azúcar o arena, pero fuertemente unidos entre sí.

FIG. 4.1 Y 2



A una temperatura de 1.530 °C., o más, el hierro se encontrará en estado líquido y si la temperatura es menor a esa, se solidificará en forma de cristales fuertemente unidos entre sí. Esos cristales tienen una forma como la que se muestra en la Figura 4.1 y 2, hasta que llegue a una temperatura de 910°C., el hierro cuando está ordenado en esa forma se le llama Hierro Gama. Cuando la temperatura baja de 910°C., hasta el ambiente o por debajo de la temperatura ambiente, los átomos de hierro se ordenan en otra forma como la que muestra la Figura 4.1.2., llamados hierro alfa. El hierro gama tiene mayor volumen que el hierro alfa y puede disolver más cantidad de carbono.

A ese cambio de forma de los cristales al variar la temperatura se le denomina cambio o **transformación alotrópica**.

Por otra parte, el hierro puede combinarse con el carbono formando Carburo de Hierro o Cementita que es un cristal sumamente duro y frágil.

Como ya se mencionó, el hierro gama puede disolver carbono. Cuando el hierro gama contiene carbono en solución se le denomina Austenita.

El hierro gama puede disolver hasta 1.700 gramos de carbono por cada 100 kgs.

Por otra parte el hierro alfa también puede disolver carbono pero en menor cantidad, él sólo puede disolver 40 gramos en cada 100 Kg., de hierro alfa. Cuando el hierro alfa tiene carbono en solución se le llama **Ferrita**.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, ya podemos darnos una idea de lo que pasa con los cambios de temperatura y la velocidad con que se efectúen dichos cambios. Por ejemplo, tenemos un acero que contenga 1.000 gramos de carbono en cada 100 kilogramos de hierro, y si el conjunto está a una temperatura de, por ejemplo 1.200°C., la masa estará en estado sólido en forma de austenita o sea una solución de hierro gama que no es capaz de disolver todo ese carbono y por lo tanto el exceso de carbono que se va librando se combina con el hierro formando cementita. De esa forma se va formando una masa que va a estar constituida por capas de ferrita y capas de cementita, a esa mezcla de ferrita y cementita se le da el nombre de **Perlita**.

La perlita tiene propiedades diferentes a las de la ferrita sola o a las de la cementita sola.

La velocidad de enfriamiento es muy importante en esa transformación y si la velocidad es muy lenta, las capas formadas son anchas y entre más rápida la velocidad de enfriamiento las capas son más finas, y sin cambiar el contenido de carbono, entre más finas sean las capas más resistente es el acero. Sin embargo cuando la velocidad de enfriamiento es muy elevada no habrá tiempo para que se forme la perlita y en ese caso se formará un cristal parecido a la ferrita, pero con más carbono del que normalmente puede aceptar y con características muy diferentes a las de la ferrita. A ese cristal se le llama **Martensita**, que es muy duro, tiene alta resistencia pero es sumamente frágil y de muy poca ductilidad.

Como puede verse ésta propiedad alotrópica del acero o sea el poder pasar de una estructura a otra con el cambio de temperatura es muy importante y es aprovechada industrialmente para obtener aceros con diferentes propiedades de resistencia y ductilidad. Esto se logra obligando al acero a hacer la transformación más o menos rápidamente.

Esos cambios de temperatura a que se somete el acero para variar sus propiedades se denominan **Tratamientos Térmicos**. Entre mayor es el contenido de carbono, mayor será el efecto obtenido con el tratamiento térmico.

A manera de ejemplo, algunos de los tratamientos térmicos más usados son los siguientes:

#### **TEMPLE:**

Con este tratamiento se aumenta la resistencia y dureza del acero. En términos generales se calienta el acero un poco por arriba de la temperatura en que se comienza a formar la austenita y se enfría más o menos rápidamente (en agua o aceite).

#### **NORMALIZADO:**

Para «borrar» tratamientos térmicos defectuosos y otros. En este tratamiento se calienta el acero también un poco por arriba de la temperatura en que se forma la austenita y se enfría en aire tranquilo.

#### **RECOCIDO:**

Sirve para ablandar el acero. Hay diferentes clases de recocidos y en general consiste en calentar el acero a temperaturas cercanas a la temperatura en que se forma la austenita seguida por un enfriamiento lento.

#### **CRISTALIZACIÓN:**

Cuando el acero está en estado líquido, los átomos de hierro no tienen ningún orden y se están moviendo continuamente de un lado a otro. Cuando la temperatura baja a la temperatura de solidificación es difícil que se formen los primeros cristales sólidos, pero si el metal líquido está en contacto con acero sólido, los átomos comienzan a ordenarse en cristales sobre los cristales del metal sólido, que por ese motivo se llaman **Núcleos**, a medida que se van apilando los cristales sobre el núcleo, éste va creciendo y ellos se van formando, siguiendo siempre la misma dirección en que estaba orientado el núcleo o semilla. A cada conjunto de cristales que se ordenan en cada dirección específica se llama **Grano**.

Con el proceso de solidificación hay muchos núcleos al tiempo, los granos van creciendo uno al lado de otro hasta que se encuentran en contacto. La región límite entre un grano y otro se llama **Límite del Grano**.

Cuando se permite mucho tiempo al acero en la temperatura de cristalización, los granos crecen y se dice que el acero es de grano grueso. Si no se permite al acero mucho tiempo, el tamaño del grano es fino.

Por medio de tratamientos térmicos o agregando ciertos elementos de aleación, es posible lograr Aceros de Grano Fino .

Los Aceros de Grano Fino tienen en general mejores propiedades que los de grano basto.

Cuando un acero es calentado a temperatura de forja (1.100°C.) y entonces trabajado (laminado) mientras se enfría hasta que la austenita comienza a transformarse, el grano se afina y el proceso se llama **Trabajo en Caliente**.

Cuando el acero se trabaja (laminado, trefilado o martillado) en frío, se dice que es un acero trabajado en frío. Los granos son más finos, sin embargo el acero tiende a ser más duro y más frágil.

El acero tratado en esta forma se llama **Acero Trabajado en Frío**.

Aunque el carbono es uno de los principales elementos que se encuentran en los aceros, los aceros comunes tienen además de carbono, pequeñas cantidades de manganeso, silicio, y como impurezas, o sea sustancias indeseables pero que no se pueden quitar, fósforo y azufre.

## **CLASIFICACIÓN DE ACEROS AL CARBONO**

La industria y las sociedades de Normas Técnicas han clasificado los aceros comunes, basados principalmente en el contenido de carbono. Otras lo hacen teniendo en cuenta la resistencia, la forma en que son suministrados, el tratamiento térmico que tengan, el sistema con el cual fueron producidos, etc.

Uno de los sistemas más sencillos de clasificación es el de la SAE (Society of Automotive Engineers), y en general la AISI (American Iron and Steel Institute) usa la misma designación que consiste en cuatro (4) dígitos.

Para los aceros al carbono la designación siempre empieza por 10 XX. Los dos (2) últimos dígitos indican el contenido de carbono en porcentaje en centésimas, o sea si el acero es un SAE 1010 quiere decir que es un acero al carbono con 0.10% de carbono.

Si es un SAE 1040, indica que es un acero al carbono con 0.40% de carbono.

Todos estos aceros contienen menos de 1% de manganeso, 0.035% de silicio, 0.04% de fósforo y 0.05% de azufre.



Otra clasificación muy empleada en nuestro medio es la usada por la ASTM (American Society for Testing and Materials) y la ASME (American Society of Mechanical Engineers) que usa la misma designación numérica.

La ASTM usa en su clasificación de materiales ferrosos una A seguida de dos (2) números. El primero se refiere a las características del material y el segundo (2º) a las dos (2) últimas cifras del año en que se revisó la norma.

Ejemplos:

#### **EI ASTM A -36-96**

Es un acero estructural al carbono para uso cuya revisión de la norma se hizo en 1996.

#### **EI ASTM A -285 -90**

Es una plancha para recipientes a presión de acero al carbono con resistencia a la tracción baja e intermedia. Revisión de la norma en 1990.

#### **EI ASTM A -515 -92**

Es una plancha de acero al carbono de resistencia intermedia para calderas y otros recipientes a presión y para usar a temperaturas intermedias y altas.

La ASME usa las letras SA seguidas por la misma numeración de la ASTM.

Ejemplos:

#### **EI Acero ASME SA -283 -93**

Corresponde a una plancha de acero calidad estructural para resistencia intermedia y baja.

Las especificaciones establecidas por estas sociedades comprenden una serie de propiedades y ensayos que debe cumplir el material suministrado. Cada clase de material debe ajustarse a las propiedades y ensayos exigidos por la especificación, la cual ha sido elaborada de acuerdo al servicio que el acero va a prestar en la industria. Los aspectos principales que cubre la especificación son los siguientes:

#### **ALCANCE:**

En esta parte describen la forma, dimensiones, propiedades y aplicaciones generales que cubre la norma.

#### **PROCESO:**

Aquí especifica el proceso o los procesos por medio de los cuales se puede fabricar el acero.

## **COMPOSICIÓN QUÍMICA:**

Bajo este título especifica los límites y rangos de resistencia, los requisitos que deben cumplir y el número de ensayos que debe hacer.

## **VARIACIONES PERMISIBLES:**

Establece las tolerancias en dimensiones y peso dentro de los cuales debe estar el material.

## **TRATAMIENTO TÉRMICO:**

Cuando es necesario establecer qué clase de tratamientos térmicos debe tener el material.

## **IDENTIFICACIÓN:**

Establece también la clase y forma de identificación del material, para garantizar su uso apropiado.

En resumen podemos decir, que hay un gran número de composiciones y propiedades diferentes de los aceros al carbono y que como varias veces lo hemos dicho aquí, el carbono es el material que más afecta las propiedades del acero. Teniendo en cuenta esa propiedad del carbono, se ha hecho una clasificación sencilla del acero como sigue:

- 1) Aceros de bajo contenido de carbono:  
Los que contienen hasta 0.15% de carbono.
- 2) Aceros dulces:  
Los que contienen entre 0.15 y 0.29% de carbono.
- 3) Aceros de medio contenido de carbono:  
Los que tienen entre 0.30 y 0.59% de carbono.
- 4) Aceros de alto contenido de carbono:  
Los que tienen entre 0.60 y 1.70% de carbono.
- 5) Cuando el contenido de carbono en el hierro pasa de 1.7%.  
Se dice que es un hierro de fundición.

## **ACEROS DE BAJA ALEACIÓN**

Una aleación es el producto de una asociación o mezcla de dos (2) o más metales. Generalmente para producir una aleación se mezclan los metales en estado líquido o fundido y luego el conjunto se deja solidificar.

También aquí podemos decir que una pequeña cantidad de elementos de aleación pueden acusar grandes variaciones en las propiedades del acero. Los principales elementos o materiales de aleación que se usan en la industria del acero son: Manganeso, Níquel, Cromo, Molibdeno, Vanadio y Silicio.

Cualquiera de los anteriores elementos de aleación pueden producir características especiales en el acero, usándolos en cantidades de hasta el 5 ó 6%, así como también se pueden usar en el mismo acero dos (2) ó tres (3) de ellos al mismo tiempo. Los principales motivos por los cuales se usan elementos de aleación en los aceros son los siguientes:

1. En los aceros al carbono la ductilidad del acero disminuye rápidamente cuando aumenta el contenido del carbono.
2. Los tratamientos térmicos son más efectivos en los aceros aleados que en los aceros al carbono. Los tratamientos térmicos en los aceros al carbono son óptimos solo en espesores pequeños.
3. Las propiedades físicas de los aceros al carbono se disminuyen marcadamente con el aumento en temperatura.
4. Los aceros al carbono son muy susceptibles al ataque químico del medio ambiente, especialmente a temperaturas elevadas.

Algunas de las más importantes funciones de los elementos de aleación son los siguientes:

#### **MANGANESO:**

El manganeso se encuentra en todas las clases de acero. Cuando está en cantidades pequeñas de 1.0% se considera que no actúa como aleante. La función general del manganeso es combinarse con el azufre que es perjudicial y evitar el agrietamiento. En cantidades más altas aumenta la tenacidad, que es la resistencia del material a dejarse fracturar y además aumenta la habilidad del acero para endurecerse.

#### **NIQUEL:**

Aumenta la resistencia del acero al choque o se lo hace tenaz a bajas temperaturas. Por lo general en los aceros al carbono, la resistencia al choque disminuye a medida que la temperatura disminuye. El níquel aumenta la resistencia del acero pero en menor proporción que el manganeso.

#### **CROMO:**

El cromo como elemento de aleación en el acero no tiene efectos muy benéficos en la

resistencia al impacto o choque a bajas temperaturas. Tiende a hacerlo frágil. Produce endurecimiento en el acero y tiende a aumentar su resistencia.

Una de las principales funciones del cromo es aumentar la resistencia a la oxidación, a la corrosión y también aumenta la resistencia del acero para que trabaje a temperaturas elevadas.

#### **MOLIBDENO:**

Aumenta la dureza del acero, aumenta la resistencia a la corrosión y disminuye la fragilidad del acero, especialmente cuando también lleva como elemento aleante al cromo.

#### **VANADIO:**

En muy pequeñas proporciones aumenta fuertemente la resistencia. Se usa para refinar el acero, aumenta la habilidad del acero para ser endurecido.

#### **SILICIO:**

Cuando el acero está en estado líquido durante su producción tiene gran cantidad de óxido de hierro, con el objeto de desoxidarlo se le agrega silicio el cual se combina más fácilmente con el oxígeno dejando al hierro libre de óxido. En proporciones relativamente altas mejora la resistencia a la oxidación, aumenta la resistencia y la capacidad para endurecer el acero.

Los aceros que llevan elementos de aleación son muy utilizados porque al ser más resistentes se requiere menor volumen de material y por lo tanto la estructura es más liviana. Pueden ser usados en aplicaciones en que los aceros al carbono no ofrecen buena seguridad y son más durables en situaciones específicas.

Aunque estos aceros aleados son más costosos en muchos casos resultarán más económicos que los aceros al carbono.

### **CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS CON BAJO CONTENIDO DE ALEACION**

La American Welding Society hace una clasificación general según su uso en la siguiente forma:

#### **1. ACEROS DE CONSTRUCCION:**

En este grupo está comprendido los aceros bajamente aleados, comúnmente usados para construir tanques de almacenamiento, carros de ferrocarril, embarcaciones, estructuras de volquetas, brazos o partes de las guías etc.

## **2. ACEROS PARA MAQUINAS Y AUTOMOVILES:**

## **3. ACEROS PARA TRABAJOS A BAJAS TEMPERATURAS:**

Usados en la industria aeronáutica y equipos para producir y mantener gases licuados a muy baja temperatura.

## **4.ACEROS PARA TRABAJOS A ELEVADAS TEMPERATURAS:**

Usados en recalentadores de vapor, equipos para procesos químicos, calderas, torres de refinamiento del petróleo, etc.

La Sociedad Americana de Ingenieros SAE y la AISI usan la misma designación de cuatro dígitos. Los dos primeros indican el contenido de elementos aleantes y las dos ó tres últimas, el contenido de carbono en centésimas del 1.0% así, por ejemplo: un SAE 3120 identifica a un acero con níquel y cromo como elementos de aleación en una proporción de aproximadamente 1.25% de níquel y 0.60% de cromo y un contenido de carbono de 0.20%.

A continuación se da una tabla en la que se indican según los dos (2) primeros dígitos, la clase y contenido de aleación, según la clasificación SAE o AISI:

IXXX	Aceros al carbono.
13XX	Aceros al manganeso.
2XXX	Aceros al níquel.
23XX	Aceros con 3.5% de níquel
25XX	Aceros con 5.00% de níquel
3XXX	Aceros con cromo y níquel
31XX	Aceros con 1.25 de níquel y 0.60% de cromo.
32XX	Aceros con 1.75% de níquel y 1.00% de cromo.
33XX	Aceros con 3.50% de níquel y 1.5% de cromo.
34XX	Aceros con 3.00% de níquel y 0.80% de cromo.
40XX	Aceros con 0.25% de molibdeno.
41XX	Aceros con 0.9% de cromo y 0.29% de molibdeno.
43XX	Aceros con 0.8% de cromo, 1.8% de níquel y 0.5% de molibdeno.
46XX y 48XX	Aceros con níquel y molibdeno.
50XX	Aceros con cromo.
51XX	Aceros con 0.9% de cromo.
52XX	Aceros con mediano contenido de cromo.

AWS -Fourth Edition – Welding Handbook.

6XXX	Aceros con cromo y vanadio.
61XX	Aceros con 0.9% de cromo y 0.15% de vanadio.
7XXX	Aceros con tungsteno.
9XXX	Aceros con silicio y manganeso.

Para la mayoría de los aceros en la tabla también se especifica que:

El manganeso debe estar entre 0.75 y 1.0 %.

El silicio debe estar entre 0.20 y 0.35 %.

El fósforo puede ser como máximo 0.040 %.

El azufre puede ser como máximo 0.040 %.

La ASTM y la ASME usa el mismo sistema que para los aceros al carbono así:

El ASTM – A 202 se refiere a los aceros aleados con cromo –manganeso y silicio de planchas de aceros usadas en calderas y otros recipientes de presión. La composición de los aceros fabricados bajo esta especificación debe ser la siguiente:

Carbono	-	0.17 % máximo
Manganeso	-	1.05 a 1.40 %
Silicio	-	0.60 a 0.90 %
Cromo	-	0.35 a 0.60 %
Fósforo	-	0.035 % máximo.
Azufre	-	0.04 % máximo.

## ACEROS DE ALTA ALEACIÓN

Los elementos de aleación tienen la propiedad de disminuir o aumentar la temperatura a la que se forma la austenita.

Elementos tales como el manganeso, níquel y silicio agregados al acero, hacen que la temperatura a la que se forma la austenita sea menor, o sea que en lugar de formarse a 900°C., lo hace a 500°C o menos temperatura dependiendo de la cantidad y la clase de aleante, así por ejemplo, si se agrega níquel al acero, ya con un 7 ú 8 % se puede lograr que los cristales de austenita permanezcan estables y no se transformen en ferrita o perlita a la temperatura ambiente ni aún a temperaturas por debajo de la ambiente.

A los aceros que tienen la propiedad de permanecer con su estructura cristalina austenítica a la temperatura ambiente se les denomina **Aceros Austeníticos** y ellos no tienen ya la propiedad alotrópica o sea que se pueden calentar hasta que se licúen o fundan sin que cambie su estructura cristalina austenítica.

Como ya se dijo, también hay elementos de aleación que aumentan la temperatura a la que se forma la austenita, es decir que si se calientan a 90 ó 1.000° permanecen los cristales de ferrita sin transformarse a austenita.

El Cromo, el Molibdeno, Vanadio y Titanio pertenecen a este grupo. El más importante de estos elementos es el Cromo y si se agrega una cantidad entre el 18 y 30% de cromo al acero, se impide que se forme la austenita y el acero va a llegar a la temperatura de fusión sin haberse transformado en austenita y por lo tanto tampoco hay cambio alotrópico. Los aceros en que los cristales de ferrita permanecen sin transformarse hasta la temperatura de fusión son denominadas Aceros Ferríticos.

En este grupo de aceros altamente aleados se encuentran los aceros resistentes a la oxidación al calor y a la corrosión.

El nombre con el que más se le conoce es el de **Aceros Inoxidables**.

El cromo es el principal elemento de aleación y es el que principalmente le da al acero sus características de «inoxidables» o capacidad para resistir la corrosión y oxidación.

El cromo tiene alta afinidad por el oxígeno a la temperatura ambiente y se cree que forma una película impermeable e invisible de óxido sobre la superficie del metal que lo protege del ataque corrosivo.

Estos aceros que contienen solamente, como ya vimos son ferríticos, pero si se les agrega níquel que es fuerte formador de austenita, se pueden producir aceros inoxidables austeníticos a todas las temperaturas. Además el níquel aumenta la resistencia a altas temperaturas y la resistencia a la corrosión.

Hay una gran cantidad de aceros inoxidables (de alta aleación) a los cuales se les agregan otros elementos con el objeto de aumentar su resistencia a factores dados en aplicaciones específicas. Uno de los constituyentes comunes a estos aceros es el carbono que generalmente se trata de mantener lo más bajo posible. El molibdeno es añadido para mejorar la resistencia al ataque químico de agentes ácidos y aumentar la resistencia a la alta temperatura.

Los aceros austeníticos no son magnéticos o sea que no se pueden atraer con el imán.

Son en resumen resistentes a la oxidación, al ataque químico, son resistentes y dúctiles a temperaturas muy bajas, resistentes a temperaturas elevadas. Para escoger el más apropiado para una explicación específica requiere un estudio cuidadoso de las propiedades de cada clase.

### **SEGREGACIÓN DE CARBUROS:**

Es un fenómeno que es digno de mención y que ocurre en esta clase de aceros. Cuando los aceros inoxidables son calentados entre una temperatura de 500 a 700 °C., el carbono que tiene el acero reacciona con el cromo formando el Carburo de Cromo que no tiene las mismas características del cromo; esa reacción empobrece el acero en su contenido de cromo y hace que disminuya sus propiedades en la zona que fue calentada a la temperatura antes dicha.

Existen tres (3) métodos para controlar la segregación o precipitación de carburos.

- a) Hacerle un tratamiento térmico seguido por un enfriamiento rápido.
- b) Agregarle al acero sustancias que tengan más afinidad por el carbono y reaccionen con éste antes de que lo haga el cromo, como son el Níquel o el Titanio llamados Estabilizadores.
- c) Usar aceros inoxidables con un bajo contenido de carbono 0.03% máximo.

Los aceros altamente aleados o inoxidable son designados por la SAE con cinco (5) dígitos, los dos (2) últimos indican el contenido de carbono y los tres primeros la clase y contenido de elementos de aleación eje: el SAE 30915 tiene:

Carbón 0.09	-	0.20
Manganeso 0.20	-	0.70
Silicio 0.75	-	máximo
Cromo 17.0	-	20.0
Níquel 8.0	-	10.0

La AISI sólo empieza tres números para la designación de los aceros inoxidable y resistentes a la temperatura. Por ser ésta la clasificación más usada transcribiremos la tabla:4.1.

Las Sociedades ASME y la ASTM siguen usando el mismo sistema que para los aceros al carbono.

Como podemos ver hay una gran variedad de aceros que se usan en la industria para fabricar y construir las más diversas clases de maquinarias y estructuras. La mayoría de estos aceros suministrados en forma semi-elaborada como tubos, varillas, perfiles en U, en T, en ángulo, vigas en I etc., que deben ser cortados, formados, ensamblados según las dimensiones y formas que las diferentes obras requieran.

La American Welding Society en su Welding Handbook Section 5 sexta edición, hace la siguiente división de los diferentes aspectos de la Industria Metalmeccánica que necesita la soldadura como medio de construcción.

Edificios, puentes, tanques de almacenamiento, recipientes de presión y calderas, tubería de transmisión, energía nuclear, barcos, ferrocarriles, productos automotrices, aeronáutica y otros.

Como ya se dijo, hay una serie de electrodos y procesos de soldadura ideados para unir las diferentes clases de metales, y como el proceso más importante y también el que nos interesa es el de soldadura por arco con electrodos revestidos, nos dedicaremos en adelante a estudiar y comprender las características de los electrodos revestidos.



## CLASIFICACION DE ACEROS DE ALTA ALEACION

Tabla 4 -1

TIPO	CARBONO		MANGANESO		SILICIO		FOSFORO		AZUFRE		CROMO	NICKEL
301	0.15	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	16.00/18.00	6.00/8.00
302	0.15	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	17.00/19.00	8.00/10.00
302 - B	0.15	Máx.	2.00	Máx.	2.00/3.00		0.045	Máx.	0.030	Máx.	17.00/19.00	8.00/10.00
303	0.15	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.20	Máx.	0.15	Máx.	17.00/19.00	8.00/10.00
303 - Se	0.15	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.20	Máx.	0.06	Máx.	17.00/19.00	8.00/10.00
304	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	18.00/20.00	8.00/12.00
304 - L	0.03	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	18.00/20.00	8.00/12.00
305	0.12	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	17.00/19.00	10.00/13.00
308	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	19.00/21.00	10.00/12.00
309	0.20	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	22.00/24.00	12.00/15.00
309 - S	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	22.00/24.00	12.00/15.00
310	0.25	Máx.	2.00	Máx.	1.50	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	24.00/26.00	19.00/22.00
310 - S	0.80	Máx.	2.00	Máx.	1.50	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	24.00/26.00	19.00/22.00
314	0.25	Máx.	2.00	Máx.	1.50/3.00		0.045	Máx.	0.030	Máx.	23.00/26.00	19.00/22.00
316	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	16.00/18.00	10.00/14.00
316 - L	0.03	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	16.00/18.00	10.00/14.00
317	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	18.00/20.00	11.00/15.00
321	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	17.00/19.00	9.00/12.00
347	0.08	Máx.	2.00	Máx.	1.00	Máx.	0.045	Máx.	0.030	Máx.	17.00/19.00	9.00/13.00
403	0.15	Máx.	1.00	Máx.	0.50	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	11.50/13.00	
410	0.15	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	11.50/13.50	
414	0.15	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	11.50/13.50	1.25/2.50
416	0.15	Máx.	1.25	Máx.	1.00	Máx.	0.06	Máx.	0.15	Máx.	12.00/14.00	
416 - Se	0.15	Máx.	1.25	Máx.	1.00	Máx.	0.06	Máx.	0.06	Máx.	12.00/14.00	
420	0.15	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	12.00/14.00	
431	0.20	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	15.00/17.00	1.25/2.50
440 - A	0.60/0.75		1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	16.00/18.00	
440 - B	0.75/0.95		1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	16.00/18.00	
440 - C	0.95/1.20		1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	16.00/18.00	
501	0.10		1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	4.00/6.00	
502	0.10	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	4.00/6.00	
405	0.08	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	11.50/14.50	
430	0.12	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	14.00/18.00	
430 - F	0.12	Máx.	1.25	Máx.	1.00	Máx.	0.06	Máx.	0.015	Máx.	14.00/18.00	
430 - FSe	0.12	Máx.	1.25	Máx.	1.00	Máx.	0.06	Máx.	0.06	Máx.	14.00/18.00	
446	0.20	Máx.	1.00	Máx.	1.00	Máx.	0.040	Máx.	0.030	Máx.	23.00/27.00	

# **CAPITULO V**

## **ELECTRODOS REVESTIDOS**

## **CAPITULO V**

### **ELECTRODOS REVESTIDOS**

En este punto es importante recalcar que la soldadura como uno de los materiales diferentes a elegir, debe ser escogido en tal forma, que concuerde con los requisitos de los materiales que se han de unir por intermedio de ella, es decir, que si una estructura debe soportar 20 toneladas, la soldadura que va a transmitir esa carga de una parte a otra de ella, debe soportar por lo menos las mismas 20 toneladas o si el material con que se está haciendo un trabajo debe soportar impacto a una temperatura de 10° bajo cero, la soldadura con que se une ese material deberá resistir el mismo o mayor impacto a esta temperatura.

En el aspecto de soldadura, es supremamente importante establecer con qué material humano se debe contar. Dependiendo de la importancia de la obra y los materiales que se van a usar, es necesario establecer si el trabajo de soldadura lo va a realizar una persona sin mucha experiencia; con experiencia o calificados, pues no todos los aceros son igualmente fáciles de soldar ni todos los electrodos son fáciles de aplicar.

En otras palabras, de nada serviría usar materiales y soldadura de buena calidad si en la aplicación se cometen errores que van a deteriorar la calidad y resistencia, tanto del metal base como del metal depositado.

Para poder hacer un juicio equilibrado sobre éste punto, es necesario conocer las características, ventajas, propiedades de las diferentes clases de electrodos, para así poder saber que se puede o no exigir de cada uno de ellos.

Con el objeto de formarnos una conciencia de la responsabilidad de la soldadura, en las múltiples construcciones o reparaciones que se hacen soldadas en la Industria, se debe seguir un análisis que consiste en definir que es lo que se va a fabricar, como se va a hacer y con cuales materiales se va a trabajar. Para responder a ésta última pregunta hay que analizar factores que respondan a preguntas tales como:

1. Cuál es el esfuerzo a que va a estar sometido el material, dinámico o estático?
2. Cuánta carga debe soportar (cuántas toneladas) a la tracción o a la compresión?
3. Cuál debe ser su ductilidad o elasticidad?
4. Va a estar sometido a choques repentinos?
5. Debe trabajar a altas temperaturas, o por lo contrario a temperaturas bajas?
6. Debe trabajar en medios corrosivos?
7. Va a estar sometido a la fricción, a la abrasión, a la erosión en frío o en caliente?

Contestadas las preguntas como esas, ya se pueden saber las características del material con que debemos trabajar, y si se puede escoger entre la gran variedad existente, cual es la más conveniente.

Como posiblemente se encontrará que hay diferentes calidades que pueden cumplir con los requisitos, se podrá escoger cuál es la menos costosa cumpliendo aún con los requisitos, por ejemplo si se requiere soportar una carga de 10 toneladas en alguna parte de la construcción, se puede elegir entre un acero común, económico, con un volumen de material grande o un acero de alta resistencia, más liviano, pero también más costoso.

En esta parte del manual no solamente veremos los electrodos usados para unir y reparar piezas sino también lo relacionado con los electrodos usados para reconstruir partes desgastadas de la maquinaria.

Aunque en un capítulo anterior (Cap.II) se vieron las funciones del revestimiento en el electrodo, es posible cumplir estas funciones con diferentes tipos de revestimiento y como veremos cada clase de revestimiento tiene sus características especiales que se deben tener muy en cuenta para la correcta selección del electrodo. Los componentes del revestimiento influyen en la manera como pasan las gotas del electrodo al cordón, en la fuerza y temperatura del arco, en la clase de corriente a usar si alterna o continua, en la polaridad, en el mecanismo de protección del metal en forma líquida o muy caliente. También el revestimiento determina la forma del cordón depositado, la calidad de ese metal y la facilidad de aplicación del electrodo en las diferentes posiciones.

Por otra parte la aplicación en sí de la soldadura en la obra, exige diferentes características como son:

Se requiere por otro lado el máximo rendimiento posible, la facilidad de aplicación, el mínimo de preparación de juntas a soldar, el mínimo costo, la adaptación a los equipos de soldar disponibles, etc. Puesto que es muy difícil obtener un electrodo que cumpla con todas las características al mismo tiempo, la industria produce una serie de «Clases de Electrodos» y cada clase tiene características definidas que lo hacen más apto para una u otra clase de aplicación. Como el tipo de revestimiento tiene una gran influencia sobre las diferentes propiedades del electrodo y él es el que determina una buena cantidad de sus propiedades, se usa clasificar los electrodos según el material preponderante en el revestimiento, además en esas clasificaciones se incluyen datos sobre las características de resistencia de el metal depositado, pues con aproximadamente la misma calidad de revestimiento se pueden obtener diferentes características de resistencia.

El revestimiento de algunos electrodos se gasifica casi totalmente, dejando muy poca escoria sobre el cordón, mientras que el de otros electrodos casi no genera gas y la escoria dejada sobre el cordón es muy gruesa. Entre esos dos extremos hay un gran número de tipos de electrodos.

Dependiendo de la clase de revestimiento la AWS clasifica los electrodos en los siguientes grupos:

1. Revestimiento con alta celulosa y sodio.
2. Revestimiento con alta celulosa y potasio
3. Revestimiento con alto óxido de titanio y sodio.
4. Revestimiento con alto óxido de titanio y potasio.
5. Revestimiento con alto óxido de hierro.
6. Revestimiento con polvo de hierro, óxido de hierro.
7. Revestimiento con polvo de hierro, óxido de titanio.
8. Revestimiento con bajo hidrógeno sodio.
9. Revestimiento con bajo hidrógeno potasio.
10. Revestimiento con polvo de hierro bajo hidrógeno.

A título ilustrativo daremos una descripción de cada uno de los grupos basados en la experiencia que tenemos con nuestros electrodos.

### **1. ALTA CELULOSA Y SODIO:**

A esta clasificación pertenece nuestro XL 610 por el alto contenido de celulosa, la mayoría de la protección del metal caliente, se obtiene por la atmósfera gaseosa que se genera al quemarse dicha celulosa, la escoria que se forma es delgada y fácilmente removible.

Los electrodos pertenecientes a este grupo tienen la característica de aportar más calor que los de otros grupos y por ese motivo funden más cantidad de metal base o sea que tienen una alta penetración. Los componentes del revestimiento lo hacen apto para operar únicamente con corriente continua polaridad positiva. Puesto que la clase y grueso del revestimiento influyen en la forma en que pasan las gotas del electrodo al depósito, el revestimiento de estos electrodos debe ser tal que facilite la transferencia del metal en todas las posiciones.

A los electrodos de este grupo se les puede añadir en el revestimiento algo de polvo de hierro para aumentar su eficiencia, como es el caso de nuestro ZIP 10 T y también por la clase y calidad de los elementos que se ponen en el revestimiento, se pueden obtener resistencias del metal depositado de 43 Kg/mm<sup>2</sup> hasta 56 Kg/mm<sup>2</sup>, ó 63 Kg/mm<sup>2</sup>. Así también nuestro ZIP 710 A1 pertenece a éste grupo, dando una resistencia de 50 Kg/mm<sup>2</sup> a diferencia del XL 610 y ZIP 10 T que dan 43 Kg/mm<sup>2</sup>.

### **2. ALTA CELULOSA POTASIO:**

A éste grupo pertenece nuestro ACP 611 SS. Los electrodos de éste grupo también tienen una alta cantidad de celulosa, que al quemarse en el arco producen abundante cantidad de gases, que son los que impiden el contacto del oxígeno y nitrógeno del aire con el metal fundido o aún caliente.

La escoria es delgada, puede no cubrir totalmente el cordón y es fácilmente removible. También estos electrodos tienen en su revestimiento, sustancias que al reaccionar en el arco van a aportar una mayor cantidad de calor, y por lo tanto hacen al electrodo penetrante, siendo la penetración muy similar a la del grupo anterior.

En realidad, la mayor diferencia entre éste grupo y el primero, es que este tiene en el revestimiento sustancias que lo capacitan para funcionar bien en corriente alterna o con corriente continua.

Los electrodos de este grupo pueden operar fácilmente en todas las posiciones.

### **3. ALTO OXIDO DE TITANIO Y SODIO:**

Los electrodos pertenecientes a este grupo como muestra FP 612 tienen en su revestimiento una cantidad substancial de óxido de titanio o rutilo, que le da al electrodo características sobresalientes de suavidad y proporciona una escoria gruesa que en ningún momento afecta la buena operación del electrodo en todas las posiciones. La acción del arco de los electrodos de este grupo es más suave y la penetración de ellos es media. Hay también electrodos en este grupo que tienen mayor rendimiento gracias a que se les agrega en su revestimiento una cantidad de polvo de hierro a nuestro ZIP 12.

### **4. ALTO OXIDO DE TITANIO Y POTASIO:**

Son similares a los del grupo anterior, la protección del metal fundido se obtiene gracias a la escoria que se forma del revestimiento y va quedando sobre el cordón como compuestos complejos de titanio, la acción del arco es aún menos agresiva, es más fácil iniciar y mantener al arco y la penetración es mediana. A este grupo pertenece nuestro SW 613, el Super SW y el SW 10. Los electrodos pertenecientes a este grupo pueden trabajar con corriente alterna o continua.

### **5. ALTO OXIDO DE HIERRO:**

El tipo de protección que da este grupo de electrodos es en su mayor parte por efecto de la escoria generada del revestimiento. Debido al elevado contenido de óxido y materiales desoxidantes, solo trabaja en posición plana u horizontal.

### **6. POLVO DE HIERRO, OXIDO DE HIERRO:**

Este grupo de electrodos tiene su mayor diferencia en su alto contenido de polvo de hierro, el cual hace que el rendimiento del electrodo sea aún mayor que los del grupo 5.

### **7. OXIDO DE TITANIO, POLVO DE HIERRO:**

Los electrodos con las características de este grupo tienen propiedades similares a aquellas de nuestro SW 613 y FP 612 ó ZIP 12, la diferencia substancial está en su

mayor contenido de hierro en el revestimiento que como ya se ha dicho, aumenta la eficiencia de deposición, la apariencia del cordón es muy buena, la remoción de escoria es fácil y el acabado del metal depositado es excelente. A este grupo pertenece nuestro ZIP 14.

También hay una modalidad de este grupo que contiene aún más cantidad de polvo de hierro y debido a la abundante cantidad de metal aportado, sólo se puede trabajar en dos posiciones, nuestro electrodo correspondiente es el ZIP 24.

Como resumen de esta parte de la clasificación se puede decir a manera de ejemplo que si el diseño de la unión exige una alta penetración se usará el XL 610 ó el ZIP 10T de mayor rendimiento, pero si no se dispone de corriente continua se puede aplicar el ACP 611. Por otro lado si la penetración no es indispensable, se puede usar un FP 612 ó SW 613 que son en su orden más fáciles de aplicar.

En el caso en que el chaflán que se debe llenar sea muy grande, para ahorrar tiempo se puede emplear el ZIP 12, ZIP 14 ó en el caso en que se pueda hacer el trabajo en posición plana u horizontal se puede elegir el ZIP 24.

Por otra parte, si el material a soldar es muy delgado se podrá usar el Super SW ó el SW 10.

La American Welding Society clasifica y designa las anteriores clases de electrodos con una letra y cuatro (4) dígitos así: Ver AWS A 5.1.

#### **E XXXX:**

- a) La letra E se refiere a electrodo.
- b) Los dos (2) primeros dígitos se refieren a la resistencia a la tracción del metal depositado en miles de libras por pulgada cuadrada o sea: E 60 XX, quiere decir que es un electrodo revestido que produce un metal depositado del cual cada pulgada de sección soporta por lo menos 60.000 Lbs., de tensión.
- c) El tercer dígito puede ser un uno (1) ó un dos (2) ó un cuatro (4).

#### **EXX1X ó EXX2X.**

Este número se refiere a las posiciones en que se puede aplicar el electrodo.

Cuando el número es uno (1) quiere decir que el electrodo opera en todas las posiciones, cuando es dos (2) significa que puede trabajar en posición plana y filetes horizontales. Los últimos dos dígitos tomados juntos, indican el tipo de corriente con el cual puede ser utilizado y el tipo de revestimiento, así:

<b>Clasificación AWS</b>	<b>Tipo de Revestimiento</b>	<b>Posiciones de Trabajo</b>	<b>Tipo de Corriente</b>
--------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------

### **ELECTRODOS SERIE E 60**

E 6010	Alta celulosa y sodio	P-V-SC-H	CD-EP
E 6011	Alta celulosa y potasio	P-V-SC-H	CA-CD: EP
E 6012	Alto óxido de titanio y sodio	P-V-SC-H	CA-CD: EN
E 6013	Alto óxido de titanio y potasio	P-V-SC-H	CA-CD: Cualquier polaridad
E 6020	Alto óxido de hierro	FH	CA-CD: EN
E 6022	Alto óxido de hierro	P	CA-CD: Cualquier polaridad
E 6027	Alto óxido de hierro y polvo de hierro	FH-P	CA-CD: EN

### **ELECTRODOS SERIE E 70**

E 7014	Polvo de hierro, titanio	P-V-SC-H	CA-CD: Cualquier polaridad
E 7015	Bajo hidrógeno sódico	P-V-SC-H	CD: EP
E 7016	Bajo hidrógeno potásico	P-V-SC-H	CA-CD: EP
E 7018	Bajo hidrógeno potásico, polvo de hierro	P-V-SC-H	CA-CD: EP
E 7024	Polvo de hierro, titanio	FH - P	CA-CD: Cualquier polaridad
E 7027	Alto óxido de hierro, polvo de hierro	FH - P	CA-CD: EN
E 7028	Bajo hidrógeno potásico, polvo de hierro	FH - P	CA-CD: EP
E 7048	Bajo hidrógeno potásico, polvo de hierro	P-SC-H-VB	CA-CD: EP

P: Plana      H: Horizontal      FH: Filete horizontal      VB: Vertical bajando      V: Vertical  
V: Vertical      SC: Sobrecabeza

CD: Corriente directa      CA: Corriente alterna  
EP: Electrodo positivo      EN: Electrodo Negativo

### **EJEMPLO:**

Un electrodo designado por la AWS como E 6013, indica que el metal depositado debe soportar 60.000 libras por pulgada cuadrada, debe trabajar en todas las posiciones y tener en el revestimiento un alto contenido de óxido de titanio y potasio, por lo tanto, como se describió anteriormente, trabajar con corriente alterna o continua.

### **ELECTRODOS DE BAJO HIDROGENO:**

Se designan bajo este título una serie de grupos de electrodos especiales que tienen características muy sobresaliente con respecto a los grupos anteriores. Estudiaremos a continuación sus características y propiedades, pues es muy importante conocerlos para así poder seleccionarlos en los trabajos que requieren.

Los electrodos bajo hidrógeno, llevan este nombre debido a que en su revestimiento se trata de eliminar totalmente cualquier sustancia que durante la operación del electrodo genere hidrógeno. Así estos electrodos se deben cocinar hasta tal punto que quede totalmente eliminada la materia orgánica (que contiene hidrógeno) y la humedad, pues el agua está compuesta de oxígeno e hidrógeno el cual se liberaría fácilmente a la temperatura del arco.



El efecto del hidrógeno en el acero es el siguiente:

El hidrógeno que a la temperatura y presión ambiente, se encuentra en dos (2) átomos, estado que se denomina molecular, (una molécula de hidrógeno está formada por dos (2) átomos y la temperatura del arco se disocia en átomos que ocupan un menor volumen. Por eso los átomos de hidrógeno tan pequeños, pueden moverse por entre la estructura cristalina del acero, pero a medida que el acero se solidifica y enfría, la movilidad de esos átomos de hidrógeno es menor.

Por otra parte a temperatura ambiente o cercana a ella, los átomos de hidrógeno tienden a asociarse nuevamente de dos (2) en dos (2) para formar moléculas que tienen mayor volumen y esto ocurre en las pequeñísimas imperfecciones cristalinas o espacios vacíos de la estructura cristalina del acero, creando en esos sitios altísimas presiones que pueden causar microgrietas que debilitarán la resistencia del acero.

Para evitar ese fenómeno se usan los electrodos bajo hidrógeno y se trata de eliminar durante el proceso de soldadura todo factor que pueda producir hidrógeno.

Otro medio para disminuir o evitar esa formación de microgrietas, consiste en aprovechar que el hidrógeno atómico para que se puede mover más fácilmente cuando el acero está caliente, y así se retarda el enfriamiento de la junta, ya sea por precalentamiento o poscalentamiento y así darle oportunidad al hidrógeno atómico para que salga del acero al ambiente antes de que pueda causar los perjuicios antes mencionados.

Hay en términos generales dos tipos de revestimientos en este grupo de la clasificación.

El primero se llama revestimiento básico porque contiene una gran cantidad de caliza.

El segundo grupo además de tener caliza tiene una proporción grande de óxido de titanio (rutilo) y por eso se le llama rutílico.

La protección del arco y el metal caliente se hace por la escoria que se forma al fundirse el revestimiento y por los gases generados al descomponerse el carbonato de calcio el cual a altas temperaturas forma bióxido de carbono (gaseoso) y óxido de calcio. Siguiendo la misma clasificación de la AWS en la página 104, estos electrodos están divididos en las siguientes tres clases:

## **8. BAJO HIDROGENO, SODIO:**

Esta clase de electrodos tiene en su revestimiento calcita, caliza y sodio, se les elimina totalmente las sustancias que pueden formar hidrógeno, trabajan solamente con corriente continua polaridad positiva. Operan muy suavemente casi sin chisporroteo y la escoria es muy fácil de retirar.

CLASIFICACION DE ELECTRODOS DE BAJA ALEACION						
CLASIFICACION AWS	CLASE DE ALEACION	COMPOSICION QUIMICA				
		CARBON	MANGANESO	NIQUEL	CROMO	MOLIBDENO
E7010 A1 E7011 A1 E7015 A1 E7016 A1 E7018 A1	Carbono- Molibdeno	0.12 0.12 0.12 0.12 0.12	0.60 0.60 0.90 0.90 0.90			0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.40 a 0.65
E8016 B1 E8018 B1 E8015 B2L E8016 B2 E8018 B2 E9015 B3L E9015 B3 E9016 B3 E9018 B3 E8015 B4L	Cromo- Molibdeno	0.12 0.12 0.05 0.12 0.12 0.05  0.12 0.12 0.12	0.90 0.90 0.90 0.90 0.90 0.90  0.90 0.90 0.90		0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 1.00 a 1.50 1.00 a 1.50 1.00 a 1.50 2.00 a 2.50  2.00 a 2.50 2.00 a 2.50 1.75 a 2.25	0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.40 a 0.65 0.90 a 1.20  0.90 a 1.20 0.90 a 1.20 0.40 a 0.65
						ZIP-710 A1  WIZ-718 A1  WIZ-818 B1  WIZ-818 B2  WIZ-918 B3

Continúa pág. 110

CLASIFICACION DE ELECTRODOS DE BAJA ALEACION								
(Continuación)		CLASE DE ALEACION	COMPOSICION QUIMICA					ELECTRODO WEST-ARCO
CLASIFICACION AWS	CARBON		MANGANESO	NIQUEL	CROMO	MOLIBDENO		
E8016 C1 E8018 C1	0.12 0.12	Níquel	1.25 1.25	2.00 a 2.75 2.00 a 2.75			WIZ-818 C1	
E8016 C2 E8018 C2	0.12 0.12		1.25 1.25	3.00 a 3.75 3.00 a 3.75				WIZ-818 C2
E8016 C3 E8018 C3	0.12 0.12	Níquel	0.40 a 1.25 0.40 a 1.25	0.80 a 1.10 0.80 a 1.10	0.15 0.15	0.35 0.35	WIZ-818 C3	
E9015 D1 E9018 D1 E10015 D2 E10016 D2 E10018 D2	0.12  0.15		1.25 a 1.75  1.65 a 2.00			0.25 a 0.45  0.25 a 0.45		
EXX 10-G EXX 11-G EXX 13-G EXX 15-G EXX 16-G EXX 18-G E7020 G			1.00 mín.	0.50 mín.	0.30 mín.	0.20 mín.	XL 810G  WIZ-918 G	

**Nota:** donde aparece un solo valor, éste corresponde al máximo admisible para tal elemento.

## **9. BAJO HIDROGENO POTASIO:**

A esta clase pertenece nuestro WIZ 16 que tiene en su revestimiento una elevada proporción de dióxido de titanio (llamado rutilo) y potasio. Los electrodos pertenecientes a ésta categoría, trabajan con corriente alterna (75 voltios mínimo en vacío) o continua, polaridad positiva. Las características de operación son excelentes, la operación es suave casi sin chisporreos, la penetración media, la remoción de escoria muy fácil y las características del metal depositado son magníficas, trabaja en todas las posiciones.

## **10. POLVO DE HIERRO BAJO HIDROGENO:**

Estos son muy similares a los «Bajo Hidrógeno Potasio » la mayor diferencia está en que contienen una alta cantidad de polvo de hierro, el cual aumenta la rata de deposición. Nuestro electrodo representante en esta clase es el WIZ 18.

Siguiendo el orden de clasificación de la AWS, estas tres (3) clases son designadas como sigue:

### **E XXX 5 –**

Cuando el último número es cinco (5) el revestimiento contiene sodio y es bajo hidrógeno.

### **E XXX 6 –**

Cuando el último número es seis (6) el revestimiento contiene potasio y es bajo hidrógeno.

### **E XXX 8 –**

Cuando el último número es ocho (8) el revestimiento contiene polvo de hierro y es bajo hidrógeno.

Para mayor información sobre las características y propiedades de cada uno de nuestros electrodos, pueden consultar nuestro catálogo de electrodos.

## **ELECTRODOS DE BAJA ALEACION**

Como se mencionaba al comienzo de este capítulo, los aceros pueden variar sus propiedades y tienen relativamente pequeñas cantidades de elementos tales como el Cromo, Níquel, Molibdeno, Vanadio, Manganeso y otros. En general la proporción de estos elementos en el acero no sube de 6 Kg por cada 100 Kg de acero.

Como también se dijo, el metal depositado debe tener en cuanto sea posible las mismas características que el metal base. Por ese motivo también hay una serie de electrodos que producen un metal depositado con la misma calidad de los aceros bajamente aleados.

La AWS usa para clasificar esos electrodos, además de la E., y los cuatro dígitos mencionados (EXXXX) una letra con otro número.

La letra se refiere a la clase de los elementos de la aleación y el número a la proporción en que se encuentran, así como se muestra en la Tabla tomada de AWS A.55.

## **ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE**

También se habló de los aceros que contienen una gran proporción de elementos de aleación, los cuales producen otras características especiales al metal. Para ello es necesario usar también electrodos con las mismas características que el metal base.

La AWS clasifica los electrodos para aceros inoxidable, usando la letra E y un número de tres dígitos que según la AISI (American Iron And Steel Institute) designa la clase de acero.

Después de ese número siguen dos dígitos más que designan las posiciones de aplicación de la soldadura y la clase de revestimiento.

Ejemplo: **E308 – 16**

El **E** de electrodo, el **308** es según AISI una aleación de hierro, cromo y níquel con una proporción nominal de 18% de cromo y 8% de níquel, el resto es hierro. El uno (1) indica que el electrodo puede trabajar en todas partes y el seis (6) que tiene un revestimiento con potasio y es bajo hidrógeno.

Nuestros electrodos correspondientes a este grupo se designan con el término CROMARCO seguido del número AISI y los dos números que se refieren a la posición de soldar y características del revestimiento.

Así al **E 308L – 16** corresponde nuestro Cromarco **308L – 16**.

A continuación se da una tabla de los principales electrodos para soldadura de aceros inoxidable (Ver Tabla No. 2).

La letra **L** que aparece en alguno de los grupos, indican que el contenido de carbono es muy bajo (0.04% máximo).

El **Cb** que es el símbolo del elemento llamado Columbio, que se usa como elemento estabilizador y evita la formación de carburo de cromo.

CLASIFICACION DE ELECTRODOS DE ALTA ALEACION								
CLASIFICACION AWS	CARBON	CROMO	NICKEL	MOLIBDENO	COLUMBIO	MANGANESO	SILICIO	EQUIVALENTE WEST ARCO
E308	0.08	18.0 a 21.0	9.0 a 11.0			2.5	0.90	Cromarco 308 L-16
E308 L	0.04	18.0 a 21.0	9.0 a 11.0			2.5	0.90	Cromarco 309-16
E309	0.15	22.0 a 25.0	12.0 a 14.0			2.5	0.90	Cromarco 309Cb-16
E309 Cb	0.12	22.0 a 25.0	12.0 a 14.0		0.70 a 1.00	2.5	0.90	Cromarco 309Mo-16
E309 Mo	0.12	22.0 a 25.0	12.0 a 14.0	2.0 a 3.0		2.5	0.90	Cromarco 310-16
E310	0.20	25.0 a 28.0	20.0 a 22.5		0.70 a 1.00	2.5	0.75	
E310 Cb	0.12	25.0 a 28.0	20.0 a 22.0			2.5	0.75	
E310 Mo	0.12	25.0 a 28.0	20.0 a 22.0	2.0 a 3.0		2.5	0.75	Cromarco 310Mo-15
E312	0.15	28.0 a 32.0	8.0 a 10.5			2.5	0.90	Cromarco 312-16
E16-8-2	0.10	14.5 a 16.5	7.5 a 9.5	1.0 a 2.0		2.5	0.50	
E316	0.08	17.0 a 20.0	11.0 a 14.0	2.0 a 2.5		2.5	0.90	
E316 L	0.04	17.0 a 20.0	11.0 a 14.0	2.0 a 2.5		2.5	0.90	Cromarco 316-16
E317	0.08	18.0 a 21.0	12.0 a 14.0	3.0 a 4.0		2.5	0.90	
E318	0.08	17.0 a 20.0	11.0 a 14.0	2.0 a 2.5	6 X C mín a 1.00 máx.	2.5	0.90	
E347	0.08	18.0 a 21.0	9.0 a 11.0		8 X C mín a 1.00 máx.	2.5	0.90	Cromarco 347-16
E410	0.12	11.0 a 13.5	0.60			1.0	0.90	
E430	0.10	15.0 a 18.0	0.60			1.0	0.90	

## SOLDABILIDAD

A continuación transcribiremos una parte de lo que se puede entender por soldabilidad de aceros.

Como consecuencia de los efectos térmicos a que el acero está sometiendo en toda clase de soldadura, aparecen determinadas variaciones en el material, que con frecuencia son permanentes. Estas variaciones pueden estar condicionadas por transformaciones de la estructura durante el calentamiento o por tensiones térmicas, que originan modificaciones en su forma y dimensión. Si un acero puede soldarse sin que haya de tomarse medidas de precaución y sin que las citadas variaciones sean origen de preocupaciones sobre la estabilidad de la construcción soldada, se designa el acero como bien soldable.

El concepto «Acero no Soldable» anteriormente empleado con frecuencia, es incorrecto. Todos los aceros pueden soldarse y solo tienen que cumplirse las condiciones metalúrgicas correctas, pero sin embargo, en algunas cosas, estas condiciones pueden ser tan complicadas que en la práctica no pueden ser ejecutadas.

Por otra parte la definición de soldabilidad según la American Welding Society, es la siguiente:

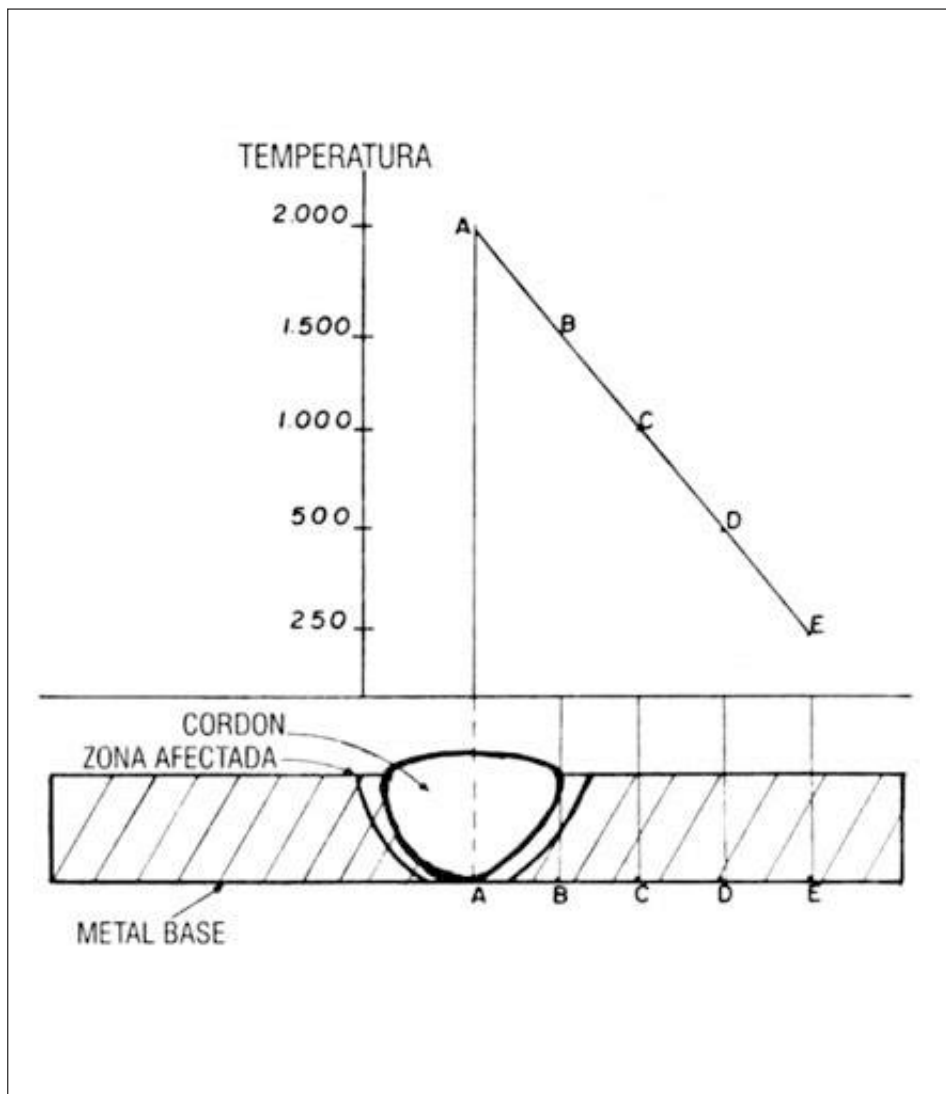
«Soldabilidad es la capacidad de un metal o combinación de metales para ser soldados bajo condiciones de fabricación en un diseño específico y apropiado de una estructura y para comportarse satisfactoriamente en servicio».

La capacidad de los metales para dejarse soldar depende de factores como su composición química, tratamientos térmicos que tenga, dimensiones y forma. La soldabilidad del material también puede requerir que este después de soldado pueda cumplir con requisitos especiales como resistir altas temperaturas, ser resistente al impacto, a las bajas temperaturas, etc.

La soldadura por arco eléctrico con electrodos revestidos, es un proceso de soldadura por fusión, es decir que parte del metal que se va a unir, va a estar en estado líquido.

Como ustedes saben, el proceso consiste en producir y mantener una chispa o arco eléctrico el cual produce una alta temperatura (5.000 ó 6.000 °C.) capaz de fundir el acero. El calor y la temperatura generadas por el arco va a fundir tanto el metal base en las proximidades del arco como el electrodo y su revestimiento, que en estado líquido va a llenar el espacio entre las partes que se requiere soldar.

Generalmente la cantidad de metal fundido y la que recibe el calor producido por el arco son pequeñas en comparación con la cantidad de metal base y por ese motivo ese calor es arrastrado rápidamente por el metal base frío, enfriando rápidamente el cordón. Esos cambios tan rápidos y bruscos de temperatura hacen que la estructura del metal sufra cambios térmicos, contracciones y dilataciones que pueden afectar seriamente sus propiedades.



Si consideramos una plancha en la que se esté aplicando un cordón de soldadura y pudiéramos medir la temperatura en diferentes sitios podríamos ver que en el centro del cordón la temperatura aumentaría en pocos segundos hasta la temperatura de fusión del acero. Habrá un punto en el cual, aunque la temperatura aumentó rápidamente no alcanzó a fundir y si nos alejamos más del eje del cordón notaríamos que la temperatura máxima alcanzada es inferior a la anterior, hasta llegar a un sitio en que el metal base no experimentó ningún cambio en temperatura. (ver gráfica).



Como ahora puede apreciarse, hay una zona que aunque no se fundió sí estuvo expuesta a altas temperaturas. En esa zona el acero pudo llegar a recrystalizarse en forma de austenita y puede haber también modificaciones en la estructura del grano.

Esa zona es la llamada «**Zona afectada por el Calor**».

**La energía térmica aplicada** por un electrodo al soldar depende del voltaje, el amperaje y la velocidad de avance del electrodo.

Cuando el voltaje y el amperaje aplicados al electrodo son mayores, es mayor la cantidad de calor aplicada y entre mayor sea la velocidad de avance es menor la cantidad de energía o calor aplicado.

La velocidad de enfriamiento de las zonas que fueron calentadas al soldar, es muy importante, pues como ya vimos, de esa velocidad depende que se forme la estructura de temple o martensita o que ocurra reacción y segregación de los elementos de aleación, como también influye en los esfuerzos, distorsión y tamaño del grano.

Si tomamos dos planchas de acero de las mismas dimensiones, a la primera la calentamos con un soplete hasta que esté a 200 °C por ejemplo, la segunda la dejamos a la temperatura ambiente y aplicamos en cada una un cordón de soldadura con la misma energía aplicada o sea el mismo voltaje, amperaje y velocidad de avance, podremos encontrar que:

Para la primera plancha, como la temperatura tiene que caer solo hasta 200 °C., la velocidad de enfriamiento del cordón y la zona afectada es más lento que para la segunda, o visto en otra forma, el tiempo que necesita la primera plancha para llegar a la temperatura ambiente es mayor que el tiempo requerido por la segunda para llegar a la temperatura ambiente.

A esa temperatura aplicada a la primera plancha se le da el nombre de **Temperatura de Precalentamiento**.

Si tomamos las dos planchas antes mencionadas, de las mismas dimensiones, ambas a la temperatura ambiente y en la primera hiciéramos un cordón con energía aplicada, mayor que la segunda o sea que en la primera usáramos más amperaje que en la segunda o si en la primera usáramos una velocidad de avance menor que en la segunda, podríamos encontrar que la primera plancha se calienta más que la segunda y que por lo tanto la velocidad de enfriamiento de la primera es más lento que el de la segunda, ó visto de otra forma, el tiempo requerido por la primera plancha para llegar a la temperatura ambiente es mayor que el de la segunda para llegar a la misma temperatura.

De los análisis anteriores podemos ver que la temperatura de precalentamiento y la energía aplicada son factores sumamente importantes en soldadura, pues con ellos se puede lograr un control de las velocidades de enfriamiento y por lo tanto también se puede hacer un control de los fenómenos que ocurren en el acero con los cambios rápidos de temperatura.

También como ustedes habrán notado, la temperatura de precalentamiento y la energía aplicada influyen en el tamaño del cordón y por lo tanto, también controlan el tamaño de la zona afectada por el calor.

Si volvemos al mismo ejemplo de las dos planchas de acero del mismo tamaño pero la primera más delgada, de menor espesor que la segunda, y usando la misma temperatura de precalentamiento y la misma energía aplicada, depositamos un cordón en cada una, podremos observar que el cordón en la plancha delgada se enfría más lentamente que el de la plancha gruesa, o sea, que la velocidad de enfriamiento en la plancha gruesa es más rápido que en la de menor espesor.

Por el efecto del espesor del metal base encontraremos que un acero que es bien soldable con espesores pequeños, va a ser difícilmente soldable en espesores grandes.

### **Soldabilidad de las diferentes clases de acero y electrodos recomendados para soldarlos**

En resumen, las más importantes clases de aceros son las siguientes:

Aceros al Carbono	<ul style="list-style-type: none"><li>Aceros de bajo contenido de carbono</li><li>Aceros dulces</li><li>Aceros de mediano contenido de carbono</li><li>Aceros de alto contenido de carbono.</li></ul>
Aceros de baja Aleación	<ul style="list-style-type: none"><li>Con manganeso</li><li>Con níquel.</li><li>Con cromo – níquel</li><li>Con molibdeno</li><li>Con cromo – molibdeno.</li><li>Con cromo – níquel y molibdeno.</li><li>Con níquel y molibdeno.</li><li>Con cromo.</li><li>Con molibdeno.</li></ul>
Aceros Inoxidables	<ul style="list-style-type: none"><li>Ferríticos</li><li>Martensíticos</li><li>Austeníticos</li><li>Dúplex</li></ul>

En términos generales los aceros que son bien soldables pueden agruparse según H. Koch (6) así:

1. Todos los aceros al carbono con 0.25% de carbono máximo, con espesores de plancha de 40 a 60 mm.

2. Los aceros de baja aleación pobres en carbono con un 0.15% de este elemento como máximo y espesores de 10 a 25 mm máximo.
3. Los aceros inoxidables austeníticos, si su contenido de carbono no sobrepasa de un 0.07% o si su contenido de carbono es algo mayor (0.10–0.12%), pero están estabilizados con Titanio o Columbio. La soldabilidad de ellos es independiente del espesor, en amplios rangos.
4. Todos los demás aceros son limitadamente soldables. El hecho de que un acero sea limitadamente soldable puede exigir diferentes grados de medidas de precaución como por ejemplo:

Los aceros que tengan un contenido de carbono de hasta 0.35%, si se precalientan a temperaturas entre 200 y 300 °C., se pueden soldar sin dificultad.

Los aceros con más de 0.35% de carbono y los aceros de baja aleación que son templables al aire exigen además del precalentamiento, un tratamiento térmico inmediatamente después de soldar (antes de que se enfríe las piezas). Puesto que las características físicas del acero y su composición influyen en su soldabilidad, o sea que dependiendo de ellas va a ser necesario tomar o no precauciones para soldarlos, es indispensable tener en cuenta esas características y composición, tanto para escoger el electrodo apropiado como para aplicarlo correctamente.

Generalmente se tratará de escoger el electrodo cuya composición del metal depositado concuerde con el del metal base.

De no ser posible se puede escoger el electrodo que concuerde más con la característica a que va a ser sometida la estructura, o sea, si se tiene un metal base bajamente aleado con níquel que resiste 56 Kg /mm<sup>2</sup> (80.000 PSI), el electrodo recomendado sería un E – 80XX – C (aleado con níquel), pero si ese electrodo no está disponible, y se sabe que la soldadura sólo va a estar sometida a tracción, se podría usar otro electrodo cuyo metal depositado soporte 56 Kg /mm<sup>2</sup>.

Como hay aceros que son muy susceptibles a formar una estructura frágil (Martensita) durante un enfriamiento más o menos rápido, es necesario tomar precauciones para que esa estructura no se forme, ya sea precalentando o poscalentando, o usando una energía aplicada mayor. Estas precauciones van muy relacionadas con el espesor de la pieza que se va a soldar pues como ya se explicó, entre mayor sea el espesor, mayor será la velocidad con que el cordón y zona afectada por el calor se enfrían. También se debe tomar en cuenta el grado de fijación y restricción de las piezas que se desean soldar, es decir, si las piezas que se desean soldar están sumamente restringidas o son muy voluminosas, no ayudarán a absorber las dilataciones y contracciones creadas por el calentamiento y enfriamiento, en ese caso el cordón de soldadura aún caliente tendrá que soportar esos esfuerzos. El precalentamiento también ayuda en esos casos a que esas dilataciones y contracciones no sean tan bruscas y puedan afectar el metal depositado.

Debido al amplio rango de clases de aceros y a las diversas clases de aplicación que se les da, es muy difícil establecer unas reglas únicas para la aplicación de la soldadura en cada clase o caso específico.

Sin embargo en la Tabla 5-1 los aceros se han dividido en varios grupos, y en términos generales, para soldar cada grupo, se pueden seguir las recomendaciones indicadas del precalentamiento, poscalentamiento y clase de electrodos a usar.

Es de anotar que para los materiales de alta resistencia, alto contenido de azufre o carbono, se recomiendan los electrodos clasificados como bajo hidrógeno. La razón consiste en que al emplear estos electrodos se requiere menor temperatura de precalentamiento, que cuando se usan electrodos que no son bajo hidrógeno y en algunos casos no se necesitará precalentar.

Por otra parte, el material depositado por los electrodos bajo hidrógeno es más elástico y la ausencia de formación de hidrógeno durante la aplicación de la soldadura, elimina la posibilidad de formación de grietas y porosidades que podrían aparecer al soldar con electrodos comunes.

Hay aceros de aleación, como los de alta resistencia con tratamiento térmico, en que no se recomienda retardar el enfriamiento, o sea no se recomienda precalentar o aplicar una alta energía de entrada, para evitar que el tratamiento térmico que ya tiene el acero, se deteriore mucho en la zona afectada, o en el metal base en general. En la Tabla 5 -1 los aceros se dividen así:

#### AWS – H – KOCH

1. Acero de bajo contenido de carbono.
2. Aceros de mediano contenido de carbono.
3. Aceros de mediano contenido de carbono y tratamiento térmico.
4. Aceros de mediano y alto contenido de carbono.
5. Aceros de baja aleación y resistencia media.
6. Aceros de baja aleación y alta resistencia con tratamiento térmico de temple y revenido.
7. Aceros de baja aleación con cromo y molibdeno resistentes a temperaturas de trabajo hasta 600 °C.
8. Aceros inoxidables. En cada grupo existe una gran variedad de grados de composición y calidades que dependen de las diferentes casas fabricantes.  
Respecto a los aceros inoxidables, siempre se tratará de aplicar el electrodo que produzca un depósito de la misma composición del metal base.

En nuestro catálogo de electrodos, se encontrará en forma explícita la composición, características y recomendaciones de aplicación de cada uno de nuestros electrodos.

TABLA 5-1

CLASE DE ACERO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA	RANGO DE ESPESORES	ELECTRODOS RECOMENDADOS	PRECAUCIONES RECOMENDADAS	ELECTRODOS EQUIVALENTES WEST ARCO
Aceros de bajo carbono	25.5 a 45 Kg/mm2.	Hasta 0.20% C.	Hasta 60 mm.	E60XX-E 70XX	No requeridas.	XL 610, ACP 611 FP 612, SW 613 ZIP 14
			Más de 60 mm.	E60XX-E 70XX	Puede requerir precalentamiento o control de temperatura entre pases y poscalentamiento.	
Aceros de medio carbono	25.5 a 45 Kg/mm2.	De 0.20% a 0.30% de C.	Hasta 40 mm.	EXX15-EXX16 EXX18	No requerido.	WIZ 18 WIZ 718A1 WIZ 18G
			Más de 40 mm.	FXX15-EXX16 EXX18	Puede requerir precalentamiento, poscalentamiento, control de la energía aplicada y un diseño apropiado.	
Aceros de mediano contenido de carbono con tratamiento térmico.	Puede tener hasta 70 kg/mm2. Generalmente son de grado fino.	De 0.20% a 0.30% de C.	Cualquier espesor.	EXX15-EXX16 EXX18-EXX18	Puede requerir precalentamiento que varíe entre 50° y 350°C.	WIZ 18 WIZ 718-A1 WIZ 818C WIZ 1118M
Aceros de mediano y alto contenido de carbono.	Se endurece fácilmente. Son resistentes al desgaste.	De 0.30% a 1.7% de C.	Cualquier espesor.	EXX15-EXX16 EXX18-	Requiere precalentamiento. Control de temperatura entre pases. Tratamiento térmico posterior.	WIZ 18 WIZ 918G WIZ 1118M
Aceros de baja aleación de resistencia mediana.	Resistencia hasta 500 Kg./mm2 con ó sin tratamiento térmico.	Carbono hasta 0.25% aleado con Cr, Mn, Mo, Ni, solos o en conjunto.	Pequeños.	E60XX E70XX	Generalmente requieren precalentamiento.	XL 610 ZIP 710-A1 ZIP 24
			Medianos	EXX15-EXX16 EXX18	Generalmente necesitan precalentamiento.	WIZ 18 WIZ 718-A1

Continúa pág. 121

(Continuación)

TABLA 5-1

CLASE DE ACERO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	COMPOSICIÓN QUÍMICA	RANGO DE ESPESORES	ELECTRODOS RECOMENDADOS	PRECAUCIONES RECOMENDADAS	ELECTRODOS EQUIVALENTES WEST ARCO
			Gruesos.	E-XX15-E-XX16 E-XX18	Generalmente no necesitan precalentamiento.	WIZ 18 WIZ 718 A
	Resistente a la corrosión atmosférica ó al impacto.			Se usan electrodos con las mismas características del metal base		Por ejemplo: El WIZ 818 C, para resistir impactos a baja temperatura.
Aceros de baja aleación de alta resistencia con tratamiento térmico de temple y revenido.	Resistencia de 35-100 kg/mm2	Carbono no mayor a 0,21 % Microaleantes	Pequeños Mediano Gruesos	E-90XX-E-100XX E-110XX Depende de las propiedades del metal base.	Puede requerir un pequeño precalentamiento no mayor a unos 100 180°C. control de entrada de calor.	WIZ 918 G WIZ 818 C1, C2, C3 WIZ 1118 M
Aceros de baja aleación con cromo y molibdeno no resistentes a temperaturas de trabajo hasta 600° C.	Son resistentes a la oxidación y a la corrosión producida por Sulfuros y resistentes a temperaturas elevadas. Se endurecen en el aire.	Contienen Carbono, Cromo, Molibdeno.	Todos los espesores.	E8015 B2 E8016 B2 E8018 B2 E9015 B3 E9016 B3 E9018 B3 En casos especiales E310 E309	Generalmente el precalentamiento puede variar entre 30 y 200° C dependiendo de la composición puede ó no requerir tratamiento posterior dependiendo de la composición y espesor. Algunos exigen tratamiento posterior inmediato despues de terminar de soldar.	WIZ 816 B2 WIZ 818 B2 WIZ 916 B3 WIZ 918 B3 WIZ 1118 M En casos especiales Cromarco 310 Cromarco 309

## REVESTIMIENTOS DUROS

Bajo este título se clasifica una serie de electrodos que se usan para reconstruir o revestir (no reparar) piezas que van a estar sometidas al desgaste. Consiste en aplicar una capa de soldadura sobre metales base que van a trabajar ya no a la tracción, compresión o fatiga, sino a razonamiento, abrasión, impacto, erosión, etc.

Las principales características que deben cumplir los electrodos pertenecientes a este grupo son las siguientes:

1. Resistencia a la abrasión.
2. Resistencia a la erosión.
3. Resistencia a la fricción metal – metal..
4. Resistencia al impacto.
5. Resistencia a la corrosión y abrasión, a alta temperatura.

Las anteriores clases de trabajo pueden aparecer solas o combinadas y así habrá electrodos cuyo metal depositado resistan varias de las características anteriores. Sin embargo hay electrodos que son excelentes en una de las aplicaciones y puede fallar para las otras, es decir, un depósito puede resistir perfectamente la abrasión pero fallar al impacto o a la erosión, dependiendo de la clasificación de dicho electrodo.

Para unificar conceptos, a continuación describiremos los términos enumerados:

### **ABRASION:**

Es el desgaste producido por el rozamiento de un cuerpo (relativamente blando) sobre una superficie. Como ejemplo podemos mencionar el rozamiento de la tierra sobre la cuchilla de un arado.

### **EROSIÓN:**

Es el desgaste producido por el choque de partículas relativamente pequeñas que viajan en un fluido sobre una superficie. Ejemplo: el desgaste producido sobre las hélices o paletas de una turbina por la arena que lleva el agua.

### **FRICCIÓN METAL – METAL:**

Aquí nos referimos al desgaste producido por el razonamiento de un metal al deslizarse sobre otro.

### **RESISTENCIA AL IMPACTO:**

Es la resistencia de un cuerpo para soportar el choque de otro. Ejemplo: el impacto que soporta un martillo en los molinos de martillos.

## **CORROSIÓN:**

Es el desgaste causado por agentes químicos que son capaces de disolver un material. Ejemplo: la acción de un ácido sobre el hierro.

En términos generales, la mayor resistencia del acero a esta clase de trabajo, se logra al introducir entre los cristales de hierro, otros más duros que traben o impidan el deslizamiento de los del hierro, y además presenten su estructura (más dura) al contacto con el material que trate de desgastar el conjunto. Estas aleaciones que usa el hierro como base para producir revestimiento resistentes al desgaste, se denominan Aleaciones Ferrosas .

Hay otras aleaciones que son más aptas para ciertas clases de trabajo que se denominan no ferrosas y que en términos generales están hechas a base de Cobalto, Níquel y Tungsteno.

Con el objeto de atender las muy diversas clases de desgaste y combinación de ellas, la industria estará usando aceros al carbono, aceros de baja aleación y de alta aleación, saturadas con carburos de cromo, manganeso, tungsteno, que son sumamente duros. La escogencia depende del grado y clase de desgaste y del costo.

Para escoger el electrodo más apropiado, es necesario tomar en cuenta varios aspectos y enumeramos a continuación los más importantes:

- a) Se debe determinar en primer término, a qué clase de trabajo estará sometida la pieza: si a impacto, erosión, abrasión, etc.
- b) Se debe saber si la pieza que se quiere reconstruir debe tener dimensiones precisas y en que casos se debe escoger un electrodo que produzca un depósito maquinable.
- c) Tratamiento Térmico. Hay materiales que requieren para la aplicación de la soldadura, un tratamiento térmico que se debe determinar con anterioridad.
- d) Costo. Para determinar éste, es necesario tener en cuenta el valor de los electrodos y el costo de aplicación, en comparación con el tiempo que dure la reparación en servicio y en comparación con otros electrodos. El rendimiento de operación de cualquier herramienta disminuye a medida que se desgasta.

## **LA FAMILIA DE LAS FUNDICIONES**

El término fundición de hierro es un nombre genérico que se refiere a una familia de materiales que difieren ampliamente en sus propiedades. Las fundiciones son aleaciones de hierro, carbono y silicio que contienen también manganeso, fósforo y azufre etc., su contenido en carbono (1.7 a 4.5%), puede estar disuelto en la austenita o en forma libre. (Grafito).



## DEFINICIONES

### **HIERRO GRIS:**

Es una aleación que cuando se solidifica el exceso de carbono se distribuye en forma libre en toda la fundición.

### **FUNDICIÓN BLANCA:**

Es un hierro que cuando se solidifica el carbono se combina formando Cementita. (Carburo de Hierro).

### **FUNDICIÓN ATRUCHADA:**

Es un hierro que se solidifica como una fundición gris pero presenta áreas de fundición blanca, en los sitios de enfriamiento rápido.

### **HIERRO MALEABLE:**

Es un hierro con ductilidad producida mediante un tratamiento térmico, a una fundición blanca en la que la Cementita se transforma en Ferrita y Nódulos de Grafito.

### **HIERRO NODULAR:**

Es producido por la adición de magnesio o cerio a una fundición de hierro gris, para que el carbono en forma de Grafito se torne esferoidal y permita un grado de ductilidad y tenacidad superior a las fundiciones grises. (Resistencia a la tensión 95.000 a 105.000 PSI).

## DIFERENCIAS ENTRE FUNDICIONES BLANCAS Y GRISES

Las fundiciones blancas son muy duras, frágiles, de estructura blanca y cristalina. Las fundiciones grises son más blandas, de estructura grisácea y una parte del carbono se encuentra en forma de Grafito.

Como el Grafito en las fundiciones grises mejora la resistencia al desgaste y a la corrosión, pero disminuye la dureza y resistencia, la formación de él se favorece con la presencia de un elevado porcentaje de Silicio, especialmente en las piezas de gran espesor y con preferencia en el interior de ellas.

En las fundiciones grises se debe regular el contenido del Azufre y de manganeso.

La Steadita es un compuesto duro y frágil de bajo punto de fusión (960 °C), que aparece en las fundiciones de alto contenido en fósforo (P mayor 0.15%).

La ASTM y la AFS (Sociedad Americana de Fundidores), tienen clasificadas las fundiciones grises para usos comunes, mediante un número que va desde 20 hasta 60.

Para asignarle el número a un material se divide la resistencia mínima a la tensión por mil. Ejemplo: Una fundición gris clase 20 requiere un mínimo de 20.000 PSI. La dureza de una fundición varía entre 180 y 300 Brinell. La resistencia a la compresión es mínimo de 2.5 veces su resistencia a la tracción.

La resistencia al impacto es baja y particularmente cuando el contenido en fósforo es alto.

## **PROCESOS PARA SOLDAR MÁS USUALES**

1. Arco eléctrico
2. Oxiacetilénico

### **1. ARCO ELÉCTRICO**

#### **a) ARCO ELECTRICO ELECTRODOS DE ACERO DULCE**

Uno de los procesos más ampliamente usados en la reparación de piezas en fundición, es empleando electrodos para soldadura manual de arco de la clase AWS ESt (Castingweld).

Es un proceso rápido, no se necesita de precalentamiento, se puede hacer en cualquier posición, pero las características mecánicas del depósito dependen del tipo de electrodo.

Cuando las piezas a reparar no necesitan maquinado, ya que es virtualmente imposible prevenir la formación de una capa dura en la zona afectada por el calor, y como el acero tiene un factor de contracción mayor que el de la fundición a causas de esto se desarrollan altos esfuerzos durante el enfriamiento del depósito generando el desgarramiento.

El precalentamiento es empleado solamente cuando es necesario prevenir agrietamientos en otras partes de la pieza. Los cordones deben ser cortos y ampliamente separados para distribuir el calor y cada cordón deberá ser martillado ligeramente.

Para muchas tareas de reparación el bisel es el mismo que para los otros tipos de soldadura. Debe usarse los amperajes más bajos.

#### **b) ARCO ELECTRICO ELECTRODOS CON NUCLEO DE NIQUEL.**

Para obtener depósitos que posteriormente se puedan maquinar fácilmente, existen dos (2) tipos de electrodos: el AWS ENi CI (Níquel 100) y el AWS ENiFe – CI (Níquel 60).

Los cordones depositados por estos dos tipos de electrodos no deben tener más de 2" de longitud y cada uno de ellos golpeado suavemente con un martillo de máxima área de contacto, hasta una temperatura tal que la pieza se pueda tocar con la mano antes de depositar el siguiente cordón.

Las aleaciones que más se presentan para reparación con estos materiales de aportación con la fundición gris y el hierro nodular. Cuando la pieza tiene excesos de fósforo se recomienda soldarla con un electrodo níquel 60.

Cuando la cavidad a rellenar es grande y no está sometida a esfuerzos significativos, se inician los primeros pasos con electrodo Castingweld y se deja el Níquel 100 para los pases finales por si se necesita un depósito blando, maquinable.

La razón para usar los electrodos con núcleo de Níquel es porque no endurece apreciablemente el depósito.

## **2. OXIACETILENO**

El uso del Bronsol (varillas de la clase AWS –RBCuZn-C), con antorcha oxiacetilénica presenta ciertas ventajas para aquellas sueldas que no están sujetas a corrosión electrolítica o servicio a alta temperatura.

La preparación de la junta es similar a la usada por los otros procesos, además hay necesidad de desgrafitizar la zona calentándola con llama suavemente oxidante hasta un color rojo, o empleando, o limpiando con un agente oxidante tal como el clorato de potasio y sandblasting.

La llama a usar con esta varilla de aporte, en fundiciones, bronce, cobre y aleaciones de níquel debe ser neutra, en caso de latones ligeramente oxidante.

# **CAPITULO VI**

## **TECNICAS SOBRE LA APLICACION DE LA SOLDADURA**

## CAPÍTULO VI

### TECNICAS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO

En los capítulos anteriores se ha mantenido un orden lógico, para efectos que el lector se vaya enterando paulatinamente de todos los pormenores del proceso. En el primer capítulo se habló sobre los diferentes procesos de soldar, que se utilizan actualmente en la Industria. En el siguiente se dieron nociones de electricidad, para luego hablar sobre las máquinas de soldar, el arco eléctrico y el electrodo revestido. El tercer capítulo trata sobre las posiciones de soldar, y preparación de las piezas por unir, el diseño de juntas y la representación simbólica de las mismas. El 4 y 5 tratan sobre características y propiedades del acero y la selección de los electrodos respectivamente.

Una vez escogido el proceso de soldadura por arco con electrodo manual revestido, conocido el equipo a utilizar, seleccionada la forma de unión y la posición de la soldadura, diseñada la junta y determinada la soldabilidad del metal base, se puede escoger el electrodo apropiado.

El presente capítulo tratará sobre las técnicas del proceso, en lo que se refiere al logro de una unión o un depósito de excelente calidad.

#### 6.1 - CÓMO ENCENDER EL ARCO:

Básicamente hay dos (2) métodos para encender el arco:

- Rastrillando el electrodo contra el metal base.
- Golpeando el electrodo contra el metal base.

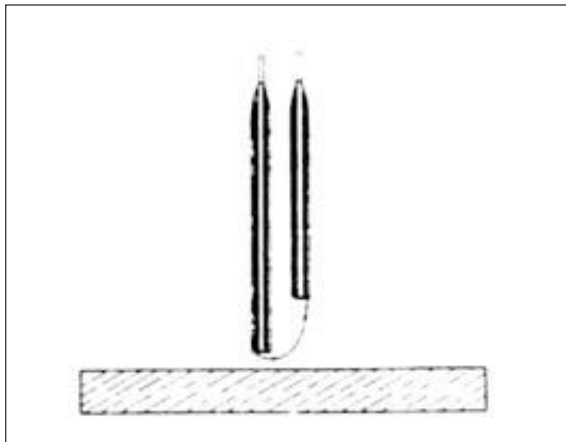
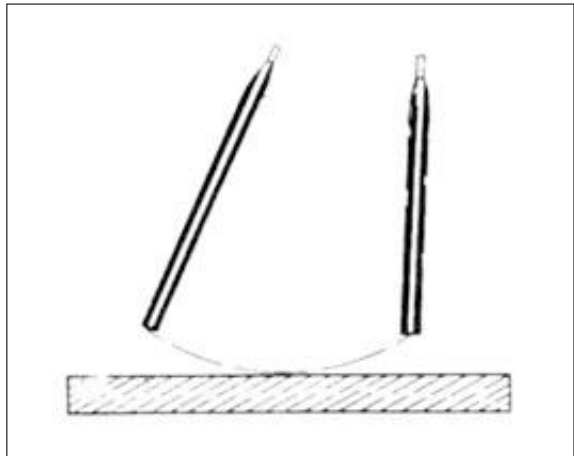
##### 6.1.1 Rastrillando:

Es el más apropiado cuando se trabaja con máquinas de corriente alterna. Se coloca el electrodo con una inclinación de  $20^{\circ}$  a  $25^{\circ}$  en relación a la vertical. Como si fuera un fósforo, se rastrilla al extremo de arco del electrodo contra el metal base, como consecuencia de lo anterior se produce un fogonazo. De inmediato se retira un poco el electrodo para formar un arco largo que se mantiene durante uno o dos segundos, luego se acerca nuevamente el electrodo hasta lograr un arco de una altura de 1.5 a 3.5 mm.

Cuando se haya establecido el arco de longitud normal se puede iniciar el depósito. La Figura 6.1, muestra esquemáticamente todos y cada uno de los pasos anteriores. 6.1.2 Golpeando:

Se desplaza el electrodo perpendicularmente hacia el metal base, tan pronto como lo toque, se retira momentáneamente hasta formar un arco largo, luego se acorta hasta lograr uno normal (1.5 a 3.5 mm de largo) la Figura 6.2, ilustra el método anterior.

**FIG.6.1**  
**ESQUEMA DE CÓMO**  
**ENCENDER**  
**EL ARCO RASTRILLANDO**  
**EL ELECTRODO**



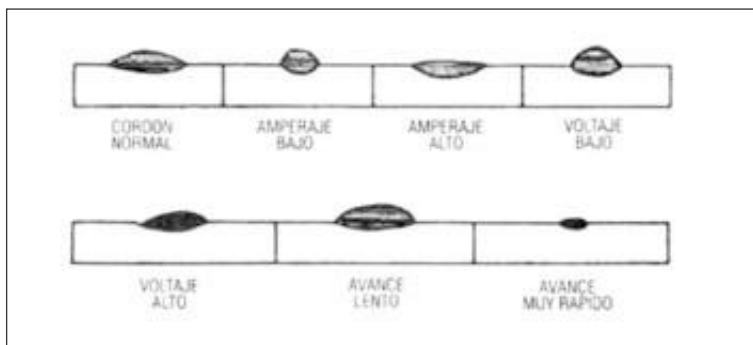
**FIG.6.2**  
**ESQUEMA DE CÓMO**  
**ENCENDER**  
**EL ARCO GOLPEANDO**  
**EL ELECTRODO**

## **6.2. QUÉ ES Y CÓMO DEPOSITAR UN CORDÓN DE SOLDADURA:**

Un cordón es un depósito continuo de metal de soldadura formado por un arco eléctrico obtenido en la superficie del metal base. El cordón en sí está constituido por el metal base y el de aportación, los cuales al fundirse forman un solo todo en virtud de lo cual se logra la soldadura.

Para depositar un cordón de soldadura hay que iniciar el arco y desplazar el electrodo a lo largo del metal con una velocidad adecuada, manteniendo el extremo del arco a una distancia ligeramente inferior al diámetro del electrodo y dándole a este una inclinación determinada.

Si la velocidad de avance es excesiva, el cordón quedará delgado y la soldadura no penetra, (Figura 6.3), si por el contrario la velocidad es muy lenta, el metal se desborda



**FIG. 6.3**  
**DEFECTOS DEL CORDON POR LA APLICACIÓN INCORRECTA DEL ELECTRODO**

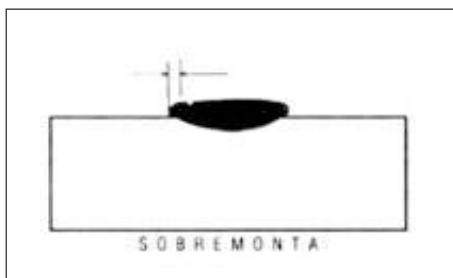
sobre la superficie del metal base (sobremonta) con la consecuente pérdida de tiempo y de electrodos. (Figura 6.4).

El largo normal del arco, como se dijo anteriormente, debe ser ligeramente inferior al diámetro del electrodo, lo que equivaldría a poder oscilar entre los 1.5 mm y los 3 mm. Esta longitud no se puede calibrar cuando el arco está encendido, por lo tanto la longitud será la correcta, cuando el cordón quede libre de los siguientes defectos: salpicaduras, poca penetración y difícil la remoción de escoria lo que se puede detectar que está ocurriendo por cuanto el sonido del arco será más un siseo que una crepitación y el electrodo se derretirá en gotas grandes.

El soldador se debe acostumbrar a observar la apariencia del cordón y las características del arco mientras está soldando.

Al hacer esto podrá ver claramente la manera como el arco escava el metal base y cómo el metal de aporte se va depositando en el cráter. Con lo anterior el operario podrá determinar si el cordón le está quedando correctamente, o si no podrá determinar la falla y corregirla inmediatamente, corrección que puede consistir en variar la velocidad de avance, el ángulo de inclinación del electrodo y/o la longitud del arco.

**FIG.6.4**  
**ESQUEMA DE LA SOBREMONTA**



### 6.3. DETERMINACIÓN DEL AMPERAJE REQUERIDO PARA SOLDAR:

El capítulo anterior hablaba sobre la elección del electrodo más apropiado para soldar dos (2) piezas metálicas o recubrir una superficie en lo que se relaciona al tipo de electrodo, una vez que se conoce el tipo del electrodo hay necesidad de determinar el diámetro del mismo y por consiguiente el amperaje al cual debe trabajar.

Existen variantes que afectan la selección del diámetro del electrodo:

- a) COSTOS
- b) POSICIÓN DE LA SOLDADURA
- c) PREPARACIÓN DE JUNTA
- d) PLATINA DE RESPALDO
- e) POTENCIA DE LA MÁQUINA

- a) **Costos:** La velocidad de deposición de la soldadura es lo que más afecta el costo de una unión soldada, desde este punto de vista se recomienda trabajar con electrodos gruesos.
- b) **Posición de la soldadura:** Al soldar en posiciones difíciles como lo son la sobrecabeza y la vertical hay necesidad de controlar adecuadamente el charco de metal fundido, lo que se puede lograr satisfactoriamente con electrodos hasta de 3/16 de diámetro.
- c) **Preparación de la junta:** La selección de diámetro del electrodo puede estar afectada por las dimensiones del chaflán o bisel utilizando en una junta determinada, si se necesita penetrar hasta el fondo de un chaflán angosto no se podrá hacer con un electrodo grueso.
- d) **Platina de respaldo:** Cuando se utiliza platina de respaldo se puede trabajar con electrodos más gruesos que cuando no se utiliza.
- e) **Potencia de la máquina:** Uno puede haber escogido, en base a las anteriores consideraciones, un electrodo relativamente grueso que no se puede usar si la máquina de soldar no está en capacidad de suministrar la potencia requerida por dicho electrodo para operar normalmente.

Por regla general, el diámetro del electrodo no debe exceder del espesor del metal base. A cada tamaño de electrodo le corresponde una escala de amperajes especificada por el fabricante, que varía de acuerdo al diámetro y la posición de soldar. El SW 613 por ejemplo, tiene la siguiente tabla de amperajes recomendados. Ver Tabla 6-1.

Como se ve, los amperajes se dan en forma de rango para cada diámetro y posiciones diferentes.



## LIMITE DE AMPERAJES RECOMENDADOS

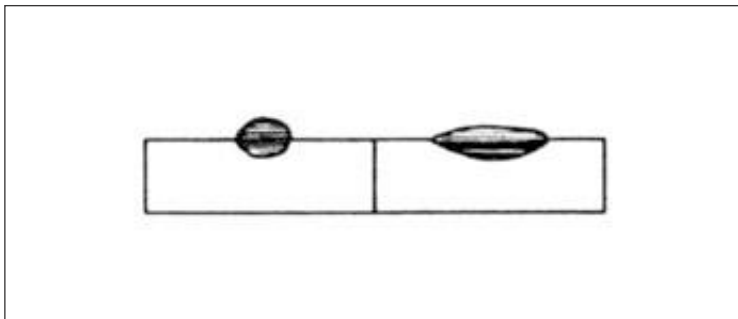
SW – 613

### —— POSICIONES ——

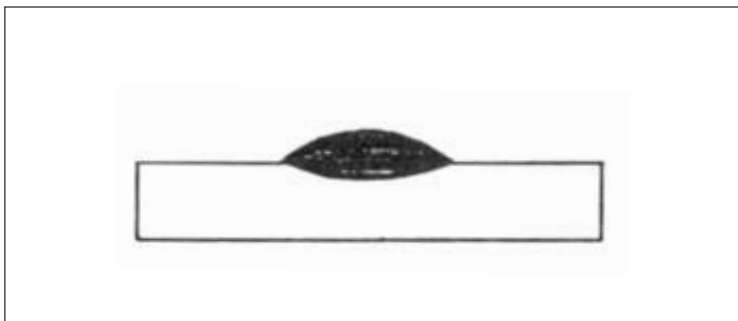
DIAMETRO MM.	LONG./ MM.	PLANA Y HORIZONTAL	VERTICAL	SOBRECABEZA
6.0	450	220 - 330		
5.0	350	140 – 230	130 – 230	140 – 230
4.0	350	120 – 170	110 – 165	120 – 170
3.0	350	80 – 120	70 – 120	80 – 120
2.5	300	60 – 90	50 – 80	60 – 90

Dentro de estos rangos existe un valor determinado que es el óptimo para cada trabajo. Ejemplos: una junta «V» requiere menos amperaje que una equivalente a Tope sin chaflán y una soldadura vertical ascendente requiere menos amperaje que una vertical descendente.

Cuando no se conoce el amperaje óptimo se recomienda graduar la máquina en el punto medio del rango estipulado por el fabricante, y de acuerdo a las características del depósito, aumentar o disminuir el amperaje.



**FIG.6.5 SOLDADURA EJECUTADA CON AMPERAJES  
BAJO Y ALTO RESPECTIVAMENTE**



**FIG.6.6 CORDON APLICADO CON AMPERAJE CORRECTO**

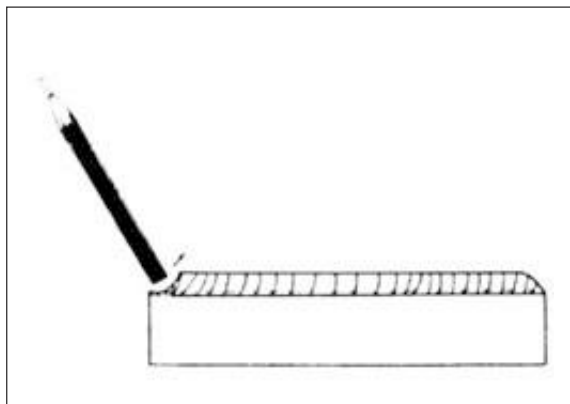
La Figura 6.5, a título de ejemplo muestra cordones ejecutados con amperaje alto y bajo respectivamente y la Figura 6.6, uno ejecutado con el amperaje correcto.

#### **6.4. RELLENO DE UN CRÁTER AL FINAL DE UN CORDÓN:**

Un cordón de soldadura debe ser totalmente uniforme desde su comienzo hasta su fin. Cuando se termina un cordón y se apaga el arco, siempre se produce una depresión conocida con el nombre de cráter.

Cuando se esté terminando un cordón, se debe levantar ligeramente el electrodo y desplazarlo hacia atrás, sobre el cordón ya depositado. Cuando se levanta se rellena el cráter y al moverlo hacia atrás se reduce, pues queda colocado sobre el cordón a una distancia de 5 a 10 mm., del extremo (Figura 6.7).

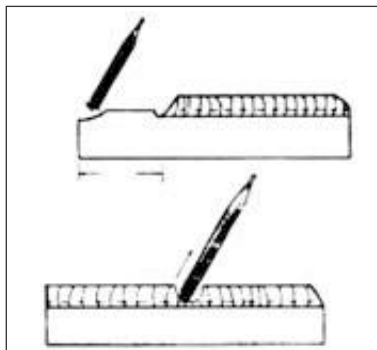
Otro método es el de apagar el arco faltando una distancia de 5 cms., para terminar el cordón, limpiar la escoria del extremo, e iniciar uno nuevo desde el extremo de la junta en dirección al ya depositado, cuando los bordes de los dos (2) cráteres se juntan, apagar el arco. (Figura 6.8).



**FIG.6.7**

**SE ILUSTR  
COMO TERMINAR  
EL CORDÓN**

**FIG.6.8**  
**SEGUNDO SISTEMA  
PARA TERMINAR  
EL CORDÓN**

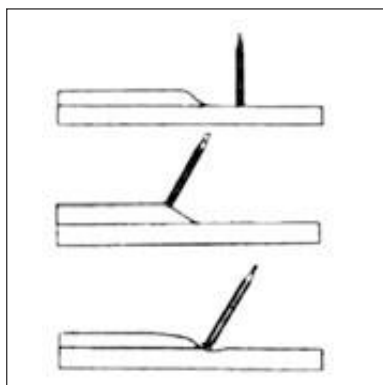


## 6.5. COMO REANUDAR UN CORDÓN:

Con frecuencia es necesario interrumpir un cordón continuo, como cuando se termina un electrodo o hay necesidad de efectuar cordones en tramos cortos para evitar sobrecalentamiento.

El cordón se debe reanudar de tal forma que quede sin abultamientos o depresiones que desmejoran la calidad del depósito.

Para reanudar el cordón se debe primero limpiar la escoria del cráter y luego encender el arco a unos 5 mm., adelante del cráter, una vez establecido el arco se coloca encima del cráter y mantiene allí un período de tiempo y se sigue adelante depositando más cordón.



**FIG.6.9**

## **CÓMO REANUDAR UN CORDÓN**

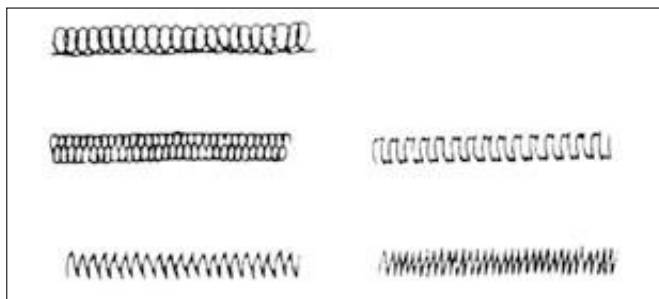
Con la práctica se aprende a mantener el arco por sobre el cráter, el período de tiempo apropiado, si éste es muy largo se produce un abultamiento y si es muy corto el cordón queda con una depresión. La Figura 6.9, muestra el anterior procedimiento.

## 6.6 DIFERENTES MOVIMIENTOS DEL ELECTRODO AL DEPOSITAR UN CORDON:

Los cordones anchos y formados correctamente se logran, depositando el electrodo con un movimiento oscilatorio en el sentido transversal a la dirección de avance, movimientos que se denominan de tejido.

Las ventajas que presenta este movimiento son: facilitar la subida de la escoria a la superficie del cordón, se logra un depósito ancho, el metal depositado penetra en los bordes del cordón, se facilita el escape de los gases y se disminuye la posibilidad de obtener depósitos porosos.

Los movimientos en tejidos más comúnmente usados se ilustran en la Figura 6.10.



**FIG.6-10**

**DIFERENTES  
MOVIMIENTOS DEL  
ELECTRODO  
AL DEPOSITAR UN  
CORDÓN**

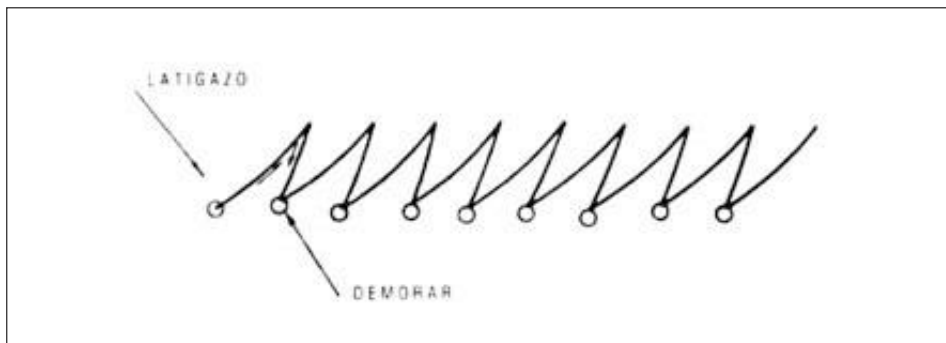
La escogencia del tejido más apropiado es cuestión de preferencia del soldador, el movimiento en media luna vacilante se detiene un poco en los bordes con lo que se logra que el metal del depósito se concentre más en los bordes del cordón que en el centro del mismo.

Los movimientos ilustrados pueden ser modificados por el soldador, siempre y cuando se logre un cordón correctamente depositado, lo importante es practicarlo hasta que el movimiento, cualesquiera que fuere, se ejecute automáticamente o de una manera libre y natural.

Existe un movimiento denominado de látigo (Figura 6.11) con el que se pueden lograr dos (2) efectos totalmente opuestos: mantener el cráter frío o mantenerlo caliente.

Lo primero al soldar en posiciones difíciles como lo son la sobrecabeza o la vertical y lo segundo cuando se desea obtener penetración.

Para mantener el baño frío se debe hacer lo siguiente:



**FIG.6.11 MOVIMIENTO DE LATIGO**

- a) ENCENDER EL ARCO
- b) EL MOVIMIENTO DE RETROCESO EJECUTARLO CON UNA LONGITUD DEL ARCO NORMAL.
- c) ALARGAR EL ARCO EN EL PUNTO DE PAUSA.
- d) AVANZAR CON UN ARCO LARGO
- e) VOLVER HACIA ATRÁS CON UN ARCO DE LONGITUD NORMAL.

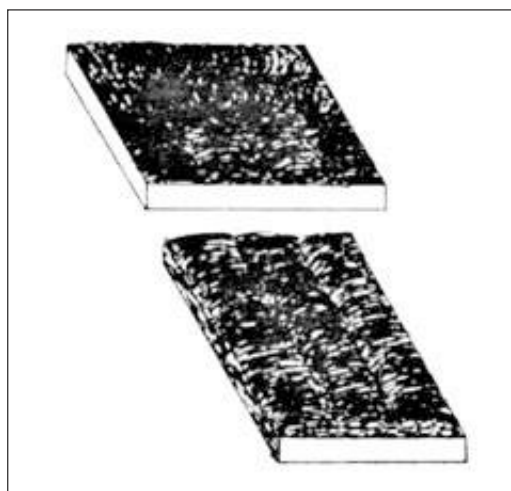
Para mantenerlo caliente se debe ejecutar el mismo movimiento oscilatorio con longitud de arco normal, la penetración se obtiene con el movimiento hacia delante y la altura del cordón se logra con la pausa al volver hacia atrás.

## 6.7. APLICACIÓN DE VARIAS CAPAS DE SOLDADURA:

En el proceso de soldadura por arco con electrodo manual revestido es frecuente los trabajos en que se requiere rellenar una superficie con varias capas de soldadura, como es el caso de una superficie desgastada por el trabajo o un error de maquinado, trabajos que se pueden presentar tanto en superficies planas como en superficies curvas.

Para rellenar una superficie plana (Figura 6.12), se deben depositar los cordones rectos sucesivos solapados los unos con los otros utilizando los movimientos de zigzag o tejido. El proceso a seguir es el siguiente:

- a) Limpiar el metal base.
- b) Depositar un cordón en línea recta a lo largo del trabajo.
- c) Remover la escoria del cordón depositado.
- d) Depositar un segundo cordón paralelo al anterior y solapado una distancia igual a un tercio de su ancho.



**FIG.6.12**

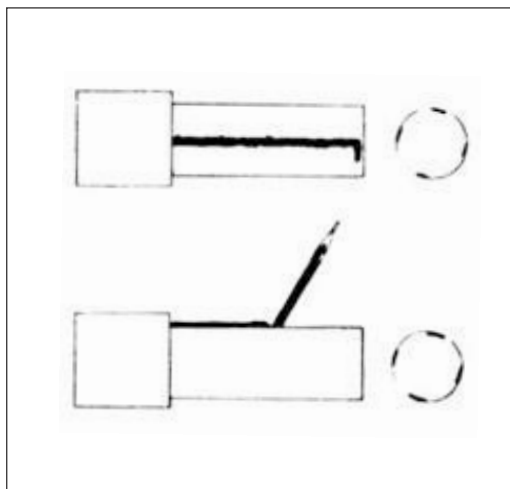
**SECUENCIA QUE SE DEBE SEGUIR PARA HACER UN RELLENO DE SOLDADURA EN UNA PLANCHA**

- e) Seguir depositando el resto de cordones de la misma manera que los anteriores hasta lograr recubrir el trabajo con una pasada.
- f) Limpiar totalmente la primera capa.
- g) Depositar la segunda capa cruzada a  $90^\circ$ . (Figura 6.12).
- h) Rellenar hasta obtener el espesor deseado
- i) Dejar enfriar lentamente.

Es importante en este procedimiento quitar la escoria luego de haber terminado cada cordón, una vez terminada cada capa limpiará adecuadamente su superficie, efectuar los cordones de la misma altura sin depresiones entre uno y otro, obtener una superficie lisa de soldadura luego de terminar cada capa.

El relleno de superficies curvas se presenta principalmente en ejes, lo cual se debe hacer de la siguiente manera:

- a) Seleccionar el electrodo apropiado teniendo en cuenta que estos elementos mecánicos en su gran mayoría son fabricados en aceros especiales.
- b) Si la zona a rellenar está cerca al extremo, deposite un cordón en sentido paralelo a el eje.
- c) Gire el eje a  $180^\circ$  y deposite el siguiente cordón..
- d) Los siguientes cordones se deben depositar guardando el orden que muestra la Figura 6.13, lo que evita que el eje se desforme.
- e) Cuando vaya a depositar un cordón al lado de otro, remueva la escoria del cordón ya depositado.
- f) Cuando el relleno se debe efectuar en un lugar alejado de los extremos de eje, los cordones se deben depositar en forma circular, lo que reduce al mínimo la deformación, (Figura 6.14).
- g) Al terminar una pasada con cualquiera de los métodos anteriores, se debe limpiar totalmente la superficie del depósito.

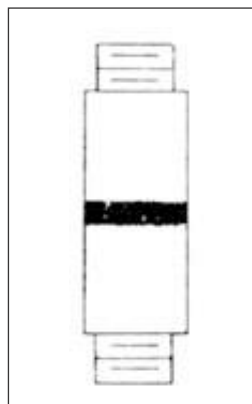


**FIG.6.13**

**CÓMO HACER  
UN RELLENO  
EN SUPERFICIES CURVAS**

**FIG.6.14**

**CUANDO EL RELLENO NO ES EN EL EXTREMO  
DEL EJE,SE RECOMIENDA SOLDAR  
EN FORMA CIRCULAR**



#### **6.8. SOLDADURA EN POSICIÓN PLANA:**

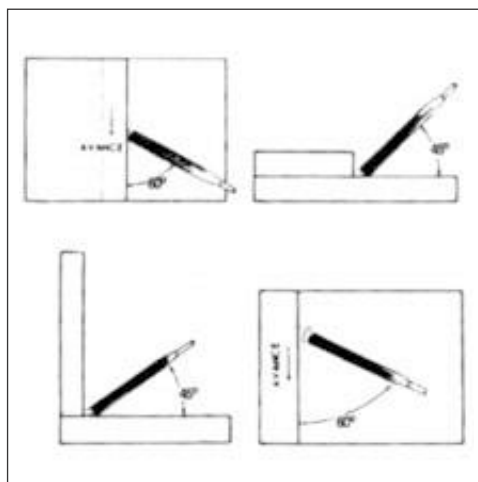
En la presente sección y en las tres siguientes hablaremos sobre la disposición de las piezas a soldar, ángulos de inclinación del electrodo y movimientos de oscilación recomendados para soldar en todas y cada una de las posiciones fundamentales.

En las juntas de solape en T o en ángulo, los ángulos de inclinación del electrodo son los que muestra la Figura 6.15, o sea el electrodo inclinado a unos  $45^\circ$  de la plancha horizontal y unos  $60^\circ$  a  $70^\circ$  en el sentido de avance.

En las juntas en solape y en ángulo, las dos planchas se deben apuntar en sus extremos para evitar su movimiento cuando se esté soldando. En la práctica, la mayoría de las juntas en solape, las planchas se colocan en posición horizontal, pero para guiar mejor

**FIG.6.15**

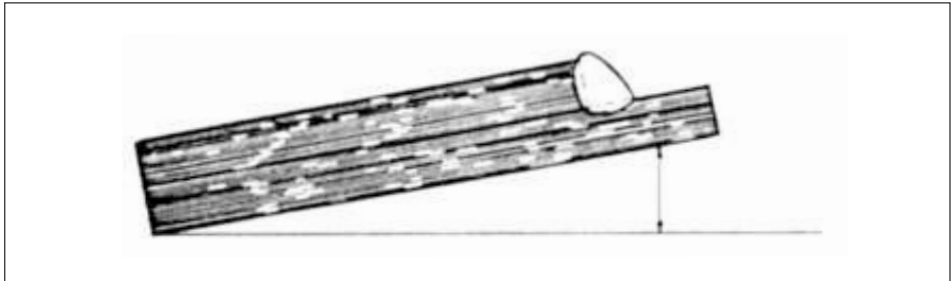
**ANGULOS DE INCLINACIÓN  
DEL ELECTRODO**



el metal fundido hacia la raíz de la junta se pueden colocar ligeramente inclinado como lo muestra la Figura 6.16, con lo que se aumenta considerablemente la velocidad de la soldadura.

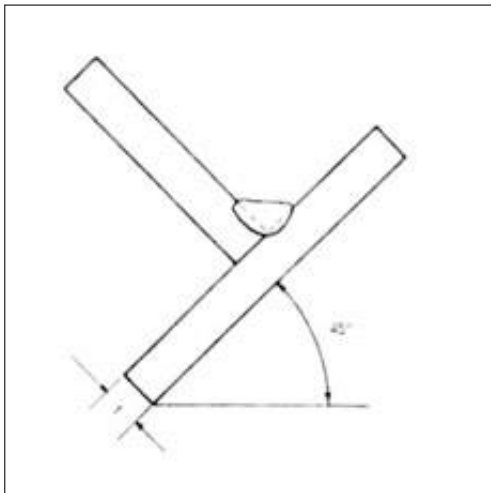
Lo anterior se aplica también para el caso de las juntas en ángulo, al inclinar las planchas (Figura 6.17), se logra una mayor velocidad de avance.

Cuando se tiene el conjunto inclinado, bien sea en una unión en solape o en ángulo, el baño de metal tiene una posición horizontal, en este caso se puede depositar un cordón en tejido, con lo anterior se consigue un cordón ancho.



**FIG.6.16**

**EN ESTA CLASE DE JUNTAS SE LOGRA  
MEJOR RENDIMIENTO Y PENETRACIÓN,  
SI SE LOGRA INCLINAR EL TRABAJO COMO SE MUESTRA.**



**FIG.6.17**

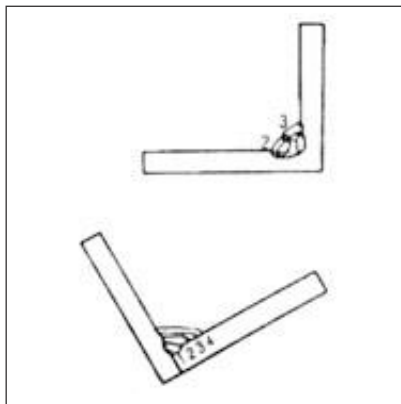
**SIEMPRE QUE SEA POSIBLE  
ES MEJOR INCLINAR EL  
TRABAJO  
EN LA POSICIÓN INDICADA**



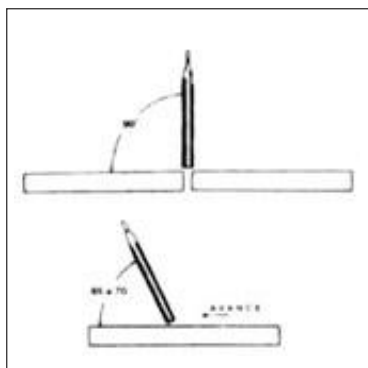
Cuando las platinas por soldar son relativamente gruesas, las juntas en «T» o en ángulo requerirán cordones de más de una pasada, los cuales se deben depositar siguiendo el orden indicado en la Figura 6.18.

**FIG.6.18**

**ORDEN RECOMENDADO  
PARA LOS CORDONES  
A DEPOSITAR**



En las juntas a Tope con chaflán el electrodo se debe mantener perpendicular a las planchas e inclinado  $65^{\circ}$  -  $75^{\circ}$  en el sentido del avance (Figura 6.19).



**FIG.6.19**

**POSICIÓN DEL ELECTRODO  
PARA HACER UNA JUNTA  
A TOPE**

Se deben depositar los cordones necesarios para rellenar el chaflán con un ligero refuerzo del cordón en la última pasada, en las pasadas de relleno se puede utilizar un movimiento de tejido siempre y cuando el ancho del chaflán no exceda tres (3) veces el diámetro del electrodo en caso tal es más conveniente depositar dos cordones a un mismo nivel.

**6.9. SOLDADURA EN POSICIÓN HORIZONTAL:**

Cuando se suelda en cualquier posición diferente de la plana, la fuerza de gravedad actúa sobre el metal fundido una vez depositado en el cráter. Por lo tanto es necesario que el baño sea lo más pequeño posible y que se utilice adecuadamente la fuerza del arco para mantenerlo en su lugar.

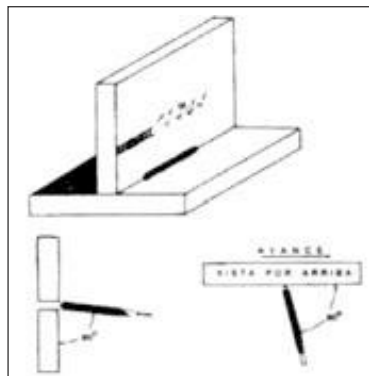
En esta posición hay dos (2) factores que afectan sustancialmente el logro de un depósito de buena calidad: la longitud del arco y el movimiento del electrodo.

El ángulo del electrodo debe ser el indicado en la Figura 6.20, (inclinado 80 a 85 ° en la dirección de avance y 80 ° a 85 ° con respecto al trabajo) la longitud del arco debe ser lo más corta posible (no más de 3 mm.), el movimiento del electrodo debe ser suave para efectos de no sobrecalentar el trabajo, se deben depositar cordones angostos, por último, el amperaje utilizado debe ser inferior al usado en condiciones similares en posición plana.

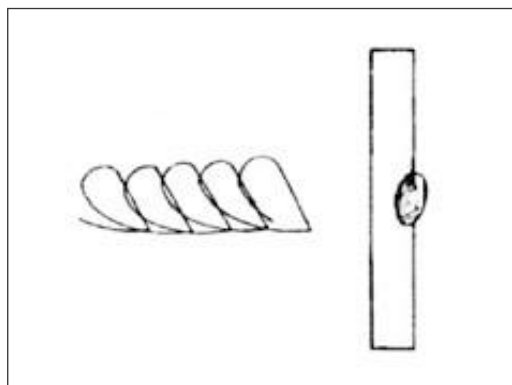
Cuando el metal depositado tiene la tendencia de escurrirse, se puede reducir el amperaje y de persistir el problema utilizar un ligero movimiento de chicote (Figura 6.20).

**FIG.6.20**

**MOVIMIENTO DE CHICOTE  
EN POSICIÓN HORIZONTAL  
Y ANGULO RECOMENDADO**



Aunque no se recomienda hay casos en donde es necesario depositar cordones anchos, en caso tal se debe utilizar en movimiento en Vaivén (Figura 6.21)., el movimiento hacia arriba es rápido y el metal se deposita en el de descenso.



**FIG.6.21**

**ILUSTRACIÓN DEL  
MOVIMIENTO DE VAIVÉN**

## 6.10 SOLDADURA EN POSICIÓN VERTICAL

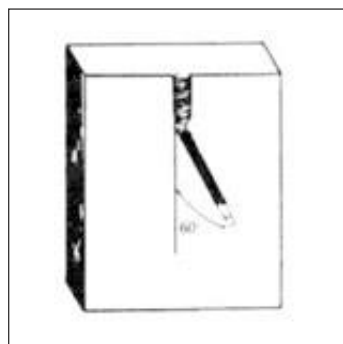
Hay dos (2) maneras de soldar esta posición: Empezando en la parte inferior y terminando en la parte superior de la junta o viceversa. Se conocen como soldadura en posición vertical subiendo o vertical bajando, respectivamente.

Generalmente la soldadura es más fácil de ejecutar en la posición vertical bajando, sin embargo al aplicar el cordón no se puede llevar mucho metal fundido lo que implica que en comparación con la posición vertical ascendente se requieran más pasadas para completar una unión determinada, ésta última da una mejor penetración y por lo tanto es la recomendada en planchas gruesas.

### 6.10.1 Posición vertical bajando:

Para depositar un cordón en esta posición el electrodo debe ir inclinado unos  $60^\circ$  con respecto a la plancha, con el extremo de arco dirigido hacia arriba (Fig.6.22).

**FIG.6.22  
ESQUEMA DE LA SOLDADURA  
EN POSICIÓN VERTICAL BAJANDO**



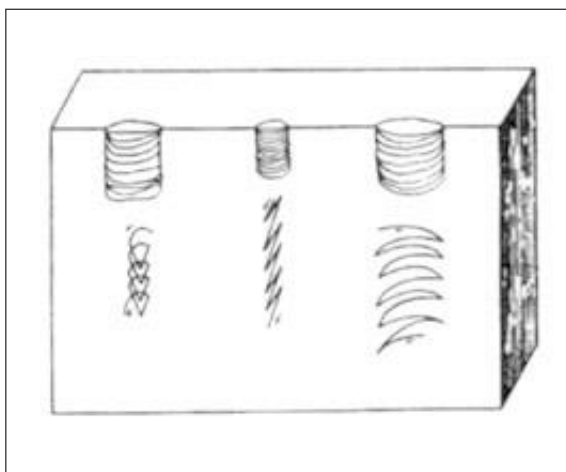
**FIG.6.23  
ESQUEMA DE LA OPERACIÓN  
DE SOLDADURA  
EN POSICIÓN VERTICAL  
BAJANDO  
PARA JUNTAS EN ANGULO O  
SOLAPE**

El movimiento hacia abajo del electrodo se debe efectuar a una velocidad tal que la escoria no se adelante al charco de metal fundido.

En las juntas en ángulo o de solape el electrodo se debe mantener inclinado unos  $60^\circ$  con respecto a la vertical, con el extremo de arco dirigido hacia arriba y a unos  $45^\circ$  de la superficie de cada una de las planchas (Figura 6.23), el arco se debe mantener lo más corto posible. Como en el caso anterior, la velocidad de avance del electrodo en el sentido vertical descendente debe ser lo suficientemente rápida para evitar que la escoria se adelante al charco de metal fundido.

Dependiendo del movimiento en tejido utilizado, se puede lograr cordones de diferentes tamaños; la Figura 6.24, ilustra la anterior afirmación.

**FIG.6.24**  
**DIFERENTES**  
**MOVIMIENTOS**  
**DE TEJIDO**  
**USADOS PARA SOLDAR**  
**EN POSICIÓN**  
**VERTICAL BAJANDO**



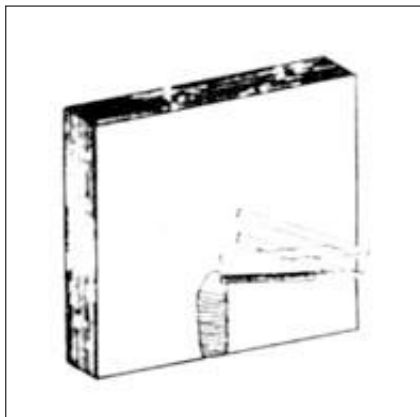
En las juntas a tope con o sin chaflán, los ángulos de inclinación del electrodo, los movimientos de tejido y la longitud de arco son los mismos a los descritos en los párrafos anteriores.

#### **6.10.2. - Posición vertical subiendo:**

Esta posición se utiliza normalmente cuando el espesor de las planchas a soldar es superior a 6 mm. Se obtiene una buena penetración y se puede depositar más metal en cada pasada. Para soldar en esta posición se recomienda utilizar un amperaje menor al utilizado en la posición vertical bajando.

El electrodo se debe colocar perpendicular a la plancha, inclinado unos  $5^\circ$  hacia arriba (Figura 6.25). El arco se debe mantener lo más corto posible.

Por regla general en esta posición se utiliza el movimiento denominado «látigo»: La punta del electrodo se desplaza con un arco largo unos 20 mm., adelante del charco de



**FIG.6.25**

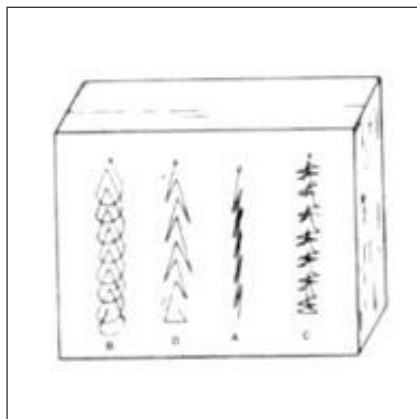
## **SOLDADURA EN POSICION VERTICAL SUBIENDO**

metal fundido, se detiene el electrodo un instante y luego se regresa al charco a depositar más metal con un arco corto. Este movimiento logra el efecto de mantener el cráter «Frío». Para depositar cordones más anchos se pueden utilizar movimientos de tejido como los ilustrados en la Fig.6.26.

En las juntas en ángulo o en «T» se debe seguir las mismas recomendaciones citadas en los párrafos anteriores, hay que tener cuidado de tener un arco corto y de formar un baño de metal fundido que penetre uniformemente y en la misma proporción las dos planchas.

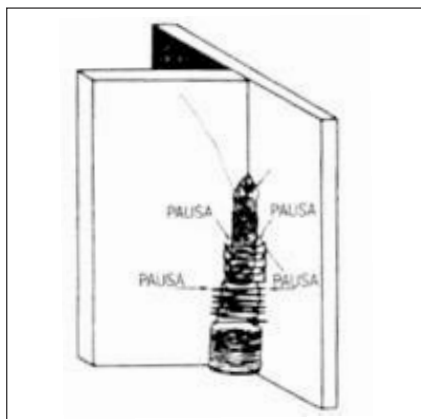
**FIG.6.26**

## **DIFERENTES MOVIMIENTOS DE TEJIDO PARA SOLDAR EN POSICIÓN VERTICAL SUBIENDO**



En las juntas en «T» o en ángulo de planchas gruesas (10 mm ó más), se debe depositar la primera pasada utilizando el movimiento de tejido ilustrado en la Fig.6.26, los de relleno se deben depositar con movimientos similares a los ilustrados en las Fig.6.26 (B,C,D) o Fig.6.27.

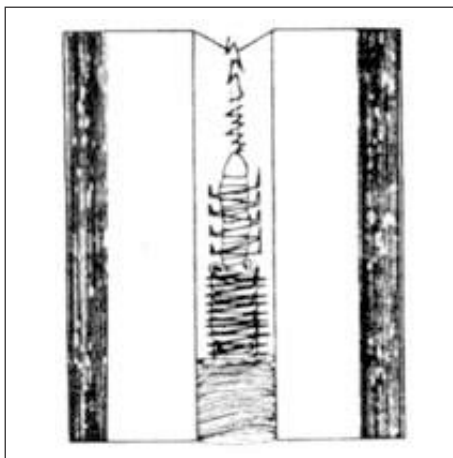
En las juntas con chaflán el electrodo se debe inclinar unos 5° hacia arriba. Con el extremo del arco apuntando directamente en el chaflán, la primera pasada se debe



**FIG.6.27**

**SISTEMA PARA DEPOSITAR  
VARIOS CORDONES EN UNA  
JUNTA EN ANGULO  
VERTICAL SUBIENDO**

hacer utilizando el movimiento de látigo (Fig.6.28), los pases de relleno se pueden ejecutar con los movimientos de tejido ilustrados en la Figura 6.28., la oscilación debe ser tal que se rellene adecuadamente el chaflán y el baño de metal fundido penetre uniformemente y en la misma proporción en las dos caras del chaflán.



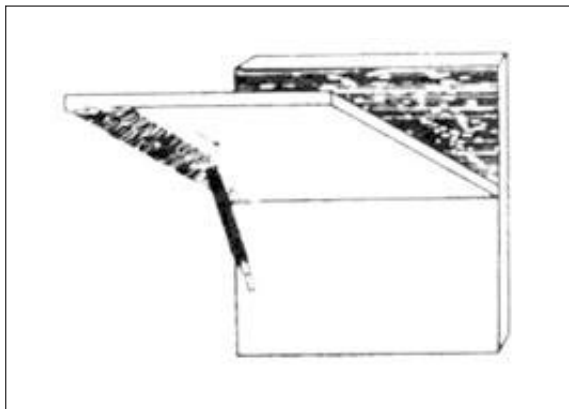
**FIG.6.28**

**SISTEMA PARA DEPOSITAR  
VARIOS CORDONES EN UNA  
JUNTA  
CON CHAFLAN VERTICAL  
SUBIENDO**

**6.11.- SOLDADURA EN POSICIÓN SOBRECABEZA:**

La técnica principal para ejecutar un cordón en la posición sobrecabeza es mantener el arco más corto posible y depositarlo con un movimiento de látigo, con lo anterior se logra tener pequeño «El Charco» de metal fundido y por consiguiente disminuir la posibilidad de que se escurra.

El electrodo se debe mantener perpendicular a la plancha e inclinado unos 5-10° en la dirección del avance (Fig.6.29).



**FIG.6.29**  
**SOLDADURA EN**  
**POSICIÓN**  
**SOBRECABEZA**

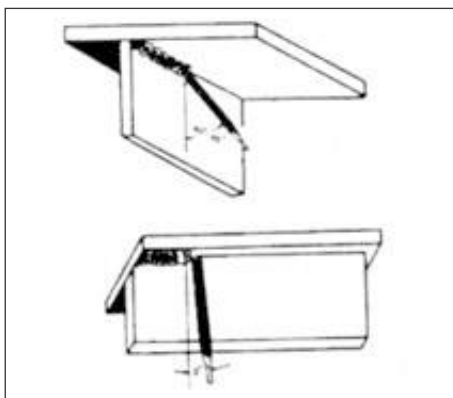
En esta posición el metal fundido tiene la tendencia a formar gotas gruesas, cuando esto esté sucediendo se debe acortar lo más que se pueda la longitud del arco, para eliminar del cordón las gotas que se hayan formado se deben fundir utilizando un arco largo y acortarlo rápidamente cuando la gota esté fundida.

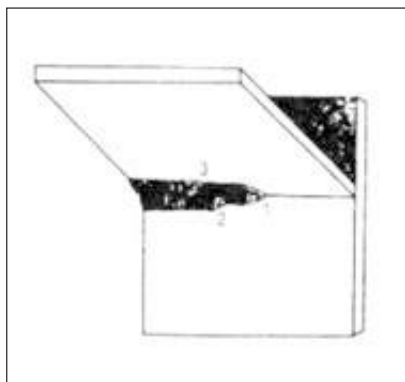
En las juntas de ángulo y de solape, el electrodo se debe mantener como lo indica la Figura 6.30. Para completar una junta soldada el orden de depositar los cordones es el indicado en la Figura 6.31.A, o como lo indica la Figura 6.31.B., cuando la soldadura requiere únicamente dos pasadas.

Cuando se tiene una junta a tope con o sin chaflán, el electrodo debe estar inclinado unos  $5^\circ$  en la dirección de avance, con el extremo de arco apuntando directamente hacia la junta. (Fig.6.32).

Si la junta tiene un chaflán en «V» o similar, los cordones se deben depositar siguiendo el orden indicado en la Fig.6.33. El primer cordón se debe depositar utilizando un ligero movimiento de látigo, y los restantes con ligeros movimientos de tejido. (Fig.6.33).

**FIG.6.30**  
**EL ELECTRODO SE DEBE**  
**MANTENER**  
**A  $40-45^\circ$  DE CADA PLANCHA**  
**Y  $5^\circ$  EN EL SENTIDO DE AVANCE**



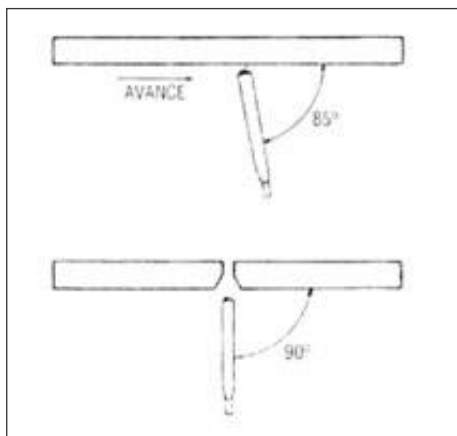
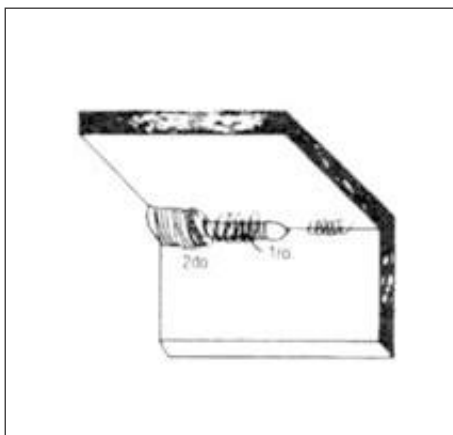


**FIG.6.31.A**

**ORDEN EN QUE SE DEBEN  
EFECTUAR  
LOS PASES PARA SOLDADURA  
EN ANGULO**

**FIG.6.31.B**

**ORDEN DE CORDONES  
PARA SOLDADURA EN ANGULO  
CON DOS PASADAS**



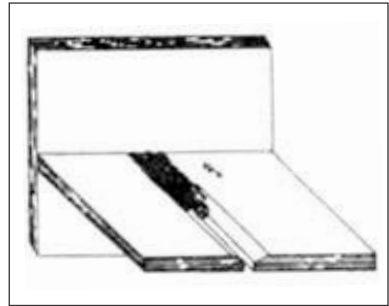
**FIG.6.32**

**INCLINACION DEL ELECTRODO  
PARA SOLDADURAS A TOPE**



**FIG.6.33**

**ORDEN EN QUE SE DEPOSITAN  
LOS CORDONES EN UNA JUNTA  
CON CHAFLAN EN V**



**6.12.- DISTORSIONES EN LOS METALES DEBIDO AL CALOR DE LA SOLDADURA**

Todos los metales se dilatan y se contraen con la variación de temperatura. Al calentarse aumentan de tamaño y al enfriarse se reduce.

En el proceso de soldar por arco con electrodo manual revestido, el calor del arco, calienta la pieza lo que origina un aumento de su tamaño, cuando el arco se apague o cuando termine de soldar, la pieza se enfría y por consiguiente se reduce de tamaño.

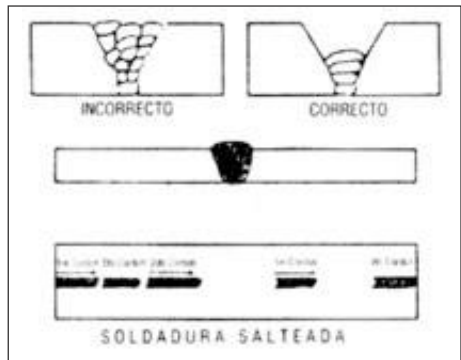
Esta dilatación y contracción al no estar regulada puede traer como resultado una deformación de las piezas que se estén soldando y/o la formación de tensiones internas que debilitan la junta soldada.

Para disminuir los efectos que pueden causar la dilatación y contracción de una pieza que se esté soldando, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

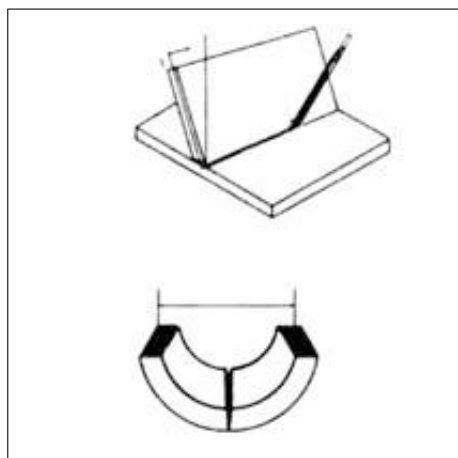
- a) Reducir al máximo las fuerzas causantes de la contracción, lo anterior se puede lograr de la siguiente manera: no depositar metal en exceso, preparar adecuadamente la junta, utilizar el menor número de pasadas posibles. Cuando el diseño lo permita, utilizar soldaduras salteadas y utilizar la técnica de soldadura por retroceso. La Figura 6.34., ilustra las anteriores recomendaciones.

**FIG.6.34**

**TECNICAS PARA DISMINUIR  
LAS DEFORMACIONES**



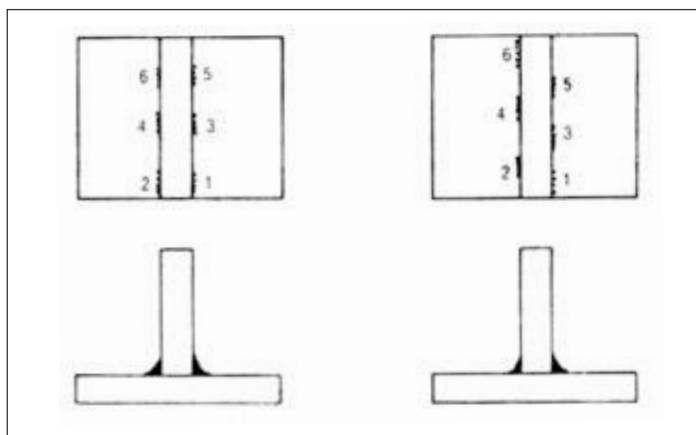
- b) Utilizar las fuerzas de contracción para reducir la deformación. Lo anterior se puede lograr de la siguiente manera: colocar las piezas a soldar desalineadas; al terminar el cordón la fuerza de contracción las alineará; separar las piezas antes de soldarlas para que a medida que avance el cordón éstas tiendan a juntarse. La Figura 6.35., ilustra los dos procedimientos anteriores.
- c) Contrarrestar una fuerza de contracción con otras fuerzas, lo que se puede lograr de la siguiente manera: depositar los cordones siguiendo un orden adecuado, cuando un cordón se contrae equilibrará las fuerzas de contracción de los cordones ya aplicados. Otro sistema es hacerle trabajo mecánico al metal, como por ejemplo: martillándolo y por último, utilizar prensas manuales, armaduras, grapas, etc., para mantener el trabajo en una posición rígida durante la soldadura. La Figura 6.35 B, ilustra las anteriores recomendaciones.



**FIG.6.35 A**

**SISTEMA PARA EVITAR  
LA DEFORMACIÓN**

**FIG.6.35 B**  
**SISTEMA PARA**  
**ALTERNAR LOS**  
**CORDONES**  
**EN TAL**  
**FORMA QUE**  
**DISMINUYAN LA**  
**DEFORMACIÓN**



## **6.13 INSPECCION DE LA SOLDADURA**

El propósito de esta sección es el de escribir los principales métodos de inspección para determinar la sanidad, calidad y eficiencia, de una junta soldada. Es necesario que el soldador y el inspector no solamente conozcan el proceso en sí de depositar un cordón, sino que deben saber juzgar una junta soldada, reconocer en ellas sus defectos o fallas y determinar las causas y las posibilidades de solución.

Antes de dar ciertas recomendaciones sobre las técnicas de inspección, es necesario hablar sobre los defectos que más comúnmente se presentan al soldar con electrodo manual revestido, las causas y las soluciones.

Los defectos según AWS se pueden clasificar en tres (3) grupos generales:

1. Discrepancias dimensionales y de apariencia
2. Discontinuidades estructurales
3. Propiedades defectivas

Las cuales se tratarán a continuación por separado.

### **6.13.1. DISCREPANCIAS DIMENSIONALES Y DE APARIENCIA**

Para lograr una soldadura adecuada es necesario mantener las dimensiones específicas, bien sea en el tamaño o forma de la soldadura o en las dimensiones finales del conjunto soldado, al no cumplirse lo anterior se está originando una discrepancia dimensional.

#### **6.13.1.1. DISTORSION**

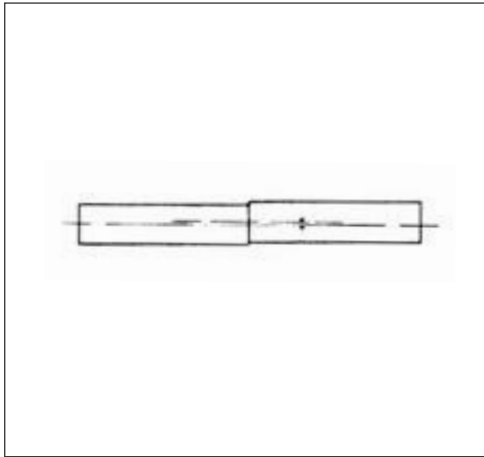
La dilatación y contracción de los metales, al no estar controlada, puede traer como resultado la deformación de las piezas que se están soldando, para evitar lo anterior y no originar ésta discrepancia dimensional, se deben seguir los procedimientos y recomendaciones enumeradas en la sección 12 del presente capítulo.

#### **6.13.1..2. PREPARACIÓN INCORRECTA DE JUNTA**

Como se vio en el capítulo III, para diferentes espesores se debe utilizar tipos de junta, las cuales dependiendo del tipo de material, condiciones de servicio etc., deben tener unas dimensiones fijas. Una buena parte de los defectos de tipo «discontinuidades estructurales», son originadas cuando los trabajos se realizan sin cumplirse los límites específicos.

#### **6.13.1.3 DESAJUSTE**

El problema de desajustes se presenta principalmente en las juntas soldadas a tope. Cuando los ejes de las dos (2) piezas soldadas quedan desalineados el uno del otro, se origina la discrepancia dimensional denominada desajuste. (La Figura 6.36 ilustra lo anterior).



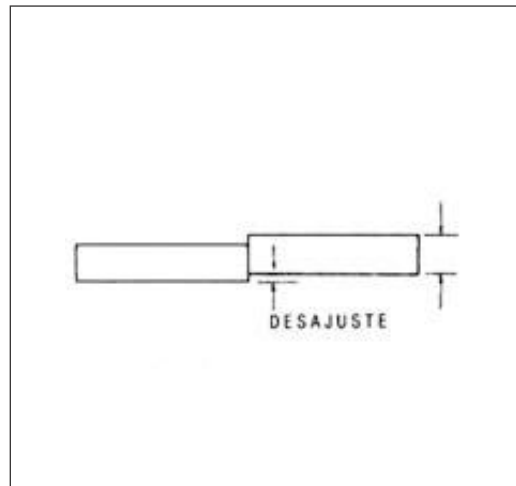
**FIG.6.36**

**EJEMPLO DE DESAJUSTE  
DE DOS EJES**

En cierto tipo de trabajos el desajuste puede ocasionar un aumento de tensiones, razón por la cual su magnitud, en algunos productos está especificada. El desajuste en los elementos soldados de un mismo espesor es la diferencia de altura de las dos superficies (Figura 6.37) y en los elementos de diferente espesor viene dado.

**FIG.6.37**

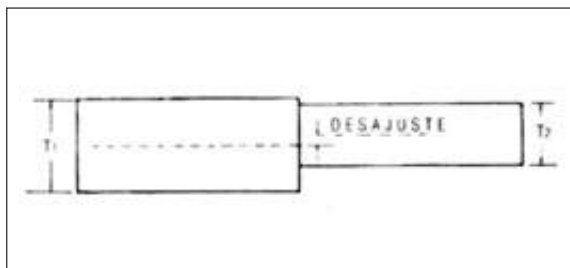
**ESQUEMA MOSTRANDO  
LO QUE SE ENTIENDE  
POR DESAJUSTE**



Por la siguiente fórmula:

Desajuste = Diferencia de altura de las dos (2) superficies.

$\frac{1}{2} (T1 - T2)$  Donde T1 es el espesor de la platina más ancha y T2 el de la más delgada. (Figura 6.38).



**FIG.6.38**

### **DES AJUSTE CUANDO LAS PIEZAS TIENEN DIFERENTE ESPESOR**

#### **6.13.1.4 TAMAÑO DE LA SOLDADURA**

Al efectuarse un ensamble soldado debidamente diseñado, todas las uniones, bien sea en filete o con chaflán deben estar especificadas en cuanto al tamaño de la soldadura. Dichas especificaciones se deben cumplir por cuanto en cierto modo son determinantes de la resistencia del conjunto soldado. En el capítulo III se define lo que se entiende como tamaño de la soldadura en un ensamble soldado en filete o uno con chaflán.

#### **6.13.1.5 PERFIL DE LA SOLDADURA**

En ciertos trabajos se requiere que el perfil de la soldadura cumpla con ciertas especificaciones, en el caso de un ensamble en filete se puede necesitar que la cara de la soldadura quede convexa, cóncava o plana, y que la concavidad o convexidad no exceden de un valor pre-establecido.

Otro ejemplo puede ser el hecho de que se requiera una unión en filete de brazos iguales. Cuando el cordón se desvíe de los valores y/o características fijadas con anterioridad, se incurre en una discrepancia dimensional con el consecuente perjuicio en la resistencia, sanidad y presentación de la unión soldada.

#### **6.13.1.6 SALPICADURAS**

Un depósito de soldadura debe quedar libre de salpicaduras, lo que sucede cuando gran cantidad de gotas pequeñas de metal fundido caen en la superficie del metal base adyacente al depósito.

Las causas de lo anterior son: amperaje muy alto, electrodo inadecuado, polaridad incorrecta, soplo magnético, ángulo incorrecto de inclinación del electrodo y electrodo y/o metal base húmedos.

#### **6.13.1.7 APARIENCIA**

Un cordón o un depósito de soldadura, debe efectuarse de tal forma que su cara queda perfectamente formada y que su apariencia sea óptima. La causa principal para obtener un cordón de apariencia pobre es el hecho de una incorrecta manipulación del electrodo,

otras causas son:electrodo incorrecto, sobre calentamiento del metal base y/o del electrodo, longitud de arco incorrecto,amperaje incorrecto y conexiones defectuosas.

### **6.13.2 DISCONTINUIDADES ESTRUCTURALES:**

Al soldar son los procesos por arco y en especial con electrodo revestido, se obtienen ciertos tipos de defectos como lo son: porosidad, grietas, poca penetración, inclusiones de escoria, etc., defectos que se conocen como discontinuidades estructurales.

El término anterior no se refiere a un cambio en la estructura del metal sino a una interrupción o discontinuidad en la sanidad del depósito.

En los párrafos siguientes describiremos todos y cada uno de los defectos incluidos dentro de la denominación. Discontinuidades Estructurales, sus causas y soluciones.

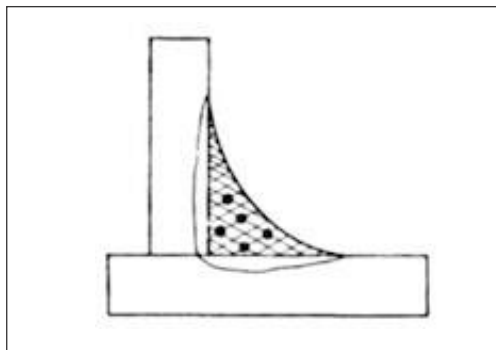
#### **6.13.2.1 POROSIDAD**

Frecuentemente se encuentran en la parte interna del depósito de soldadura burbujas de gas o cavidades libres de cualquier material sólido, lo que se conoce con el término «Porosidad» (Figura 6.39), el defecto anterior se puede encontrar uniformemente distribuido a lo largo de todo el depósito, localizado en una sección del mismo o concentrado en la raíz de la soldadura.

La porosidad es originada por dos causas:

- a) Los gases que suelta el metal de la soldadura, cuya solubilidad disminuye a medida que la temperatura disminuye.
- b) Los gases que se forman por las reacciones químicas que ocurren durante el proceso de soldar.

Durante el proceso de soldar se pueden originar poros debido a los siguientes factores, demasiado amperaje, arco muy corto o muy largo, material base sucio, avance muy rápido y revestimiento del electrodo húmedo.



**FIG.6.39  
FIGURA ILUSTRANDO  
POROSIDADES**

### **6.13.2.2. INCLUSIONES DE ESCORIA**

El término se utiliza para describir los óxidos u otros sólidos no metálicos, provenientes del recubrimiento del electrodo que son atrapados dentro del metal de soldadura o entre el metal base y el metal aportado.

Las inclusiones de escoria pueden ser originadas por contaminación del metal de la soldadura por la acción de la atmósfera, o en el caso de depósitos de varias capas, por no removerse adecuadamente la escoria de un cordón antes de depositar el siguiente.

El defecto anterior se puede prevenir haciendo una preparación adecuada. Se requiere eliminar de la misma cualquier contorno que dificulte la penetración total con el arco, eliminar en su totalidad la escoria producida en los cordones anteriores, limpiar suciedades, grasas, aceites, etc., del metal base, mantener una inclinación correcta del electrodo, desplazarlo con movimientos adecuados de tejido y utilizar técnicas de precalentamiento.

### **6.13.2.3 FUSION INCOMPLETA**

El defecto denominado fusión incompleta se presenta cuando no se logra que las dos (2) capas adyacentes del metal de soldadura se fundan totalmente.

Las causas de lo anterior son: amperaje bajo, deficiencia en la remoción de escoria, materiales extraños en la superficie del metal base, velocidad de avance muy rápida, diámetro inapropiado del electrodo y deficiente preparación de la junta.

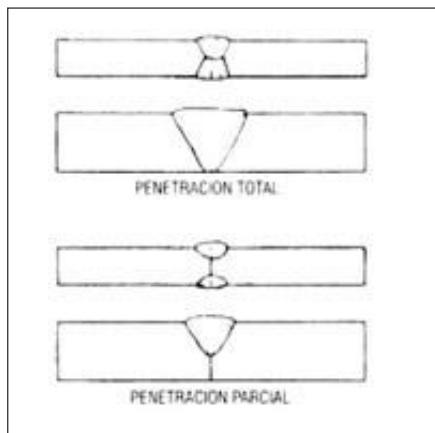
### **6.13.2.4. MALA PENETRACIÓN**

Como se comentó en el capítulo III, dependiendo de las condiciones de servicio de la junta, soldada ésta puede tener una penetración total o parcial.

Cuando se especifica penetración total o cuando se especifica el grado de penetración (penetración parcial) el soldador deberá lograr lo especificado o de lo contrario incurrirá en el defecto denominado mala o incompleta penetración de la junta. Estos defectos que puede traer consecuencias graves, más si se tiene en cuenta que la resistencia de la junta soldada depende del grado de penetración y que una junta soldada con penetración total se puede utilizar para cualquier tipo de carga, mientras que una similar pero con penetración parcial no se puede utilizar sino cuando se presentan durante el servicio cargas estáticas.

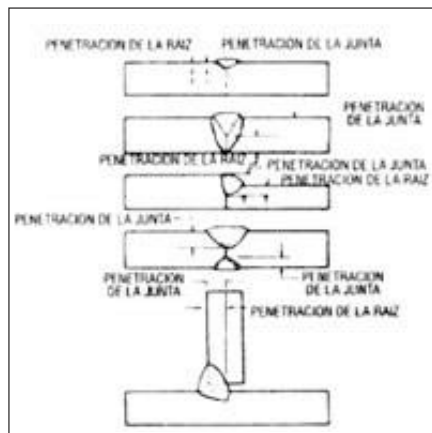
La Figura 6.40., ilustra esquemáticamente un ensamble soldado a tope con chaflán, o con penetración total o parcial y uno en filete, en donde se muestra lo que se entiende por penetración de junta en esta forma de unión.

Las causas que pueden originar una penetración defectuosa de junta, se pueden dividir en dos (2) aspectos: errores en el diseño de la junta o errores en el procedimiento.



**FIG.6.40**

### **DIFERENCIA ENTRE PENETRACIÓN TOTAL Y PARCIAL**



**FIG.6.40 A**

### **DIFERENCIA ENTRE PENETRACIÓN DE LA JUNTA Y PENETRACIÓN DE LA RAIZ**

## **ERRORES EN EL DISEÑO DE LA JUNTA**

- a) Apertura de raíz demasiado pequeña (ensambles con chaflán)
- b) Angulo del chaflán demasiado «cerrado»
- c) Cara de la raíz demasiado grande.

## **ERRORES EN EL PROCEDIMIENTO**

- a) Electrodo inadecuado
- b) Diámetro del electrodo excesivo
- c) Velocidad de avance muy alta
- d) Poco amperaje.

### **6.13.2.5. SOCAVACIÓN**

El término de socavación usualmente se utiliza para denominar una discontinuidad estructural que se presenta en el pie de la soldadura (a todo lo largo en tramos), consiste en una ligera depresión la cual queda libre de metal de aporte. (Figura 6.40.B).

No se debe permitir un cordón cuya cara presenta socavación por cuanto se reduce la resistencia de la junta y en especial, cuando el conjunto soldado estará sujeto a esfuerzos de fatiga.



Este tipo de defectos es sencillo de detectar y se soluciona depositando un cordón adicional.

Las causas que lo originan son: manipulación incorrecta del electrodo, el movimiento excesivo de tejido, corriente alta y/o electrodo demasiado grueso.

#### **6.13.2.6 GRIETAS**

Se entiende por grieta, una ruptura lineal del metal depositado o del metal base, generalmente se pueden detectar visualmente y vienen acompañados por una ligera deformación. Este defecto es uno de los más perjudiciales y cualquier código de especificaciones lo prohíbe.

Se distinguen dos formas generales de agrietamiento: en caliente y en frío.

#### **AGRIETAMIENTO EN CALIENTE**

Ocurre a elevadas temperaturas y acto seguido de depositarse un cordón, es la que más comúnmente se presenta en la soldadura.

#### **AGRIETAMIENTO EN FRÍO**

Se presenta generalmente al soldar aceros aleados o de medio y alto carbono, la grieta se puede originar después de haber transcurrido un periodo de horas o días, generalmente comienza en la zona afectada por el calor.

#### **FISURAS**

Son grietas de tamaño muy reducido, imposibles de detectar visualmente (se requieren exámenes metalográficos), se pueden originar en frío o en caliente y con el tiempo o con el servicio se pueden propagar.

El agrietamiento, cualesquiera que sea su forma u origen se pueden presentar en diferentes lugares del depósito. La Figura 6.41, ilustra lo anterior.

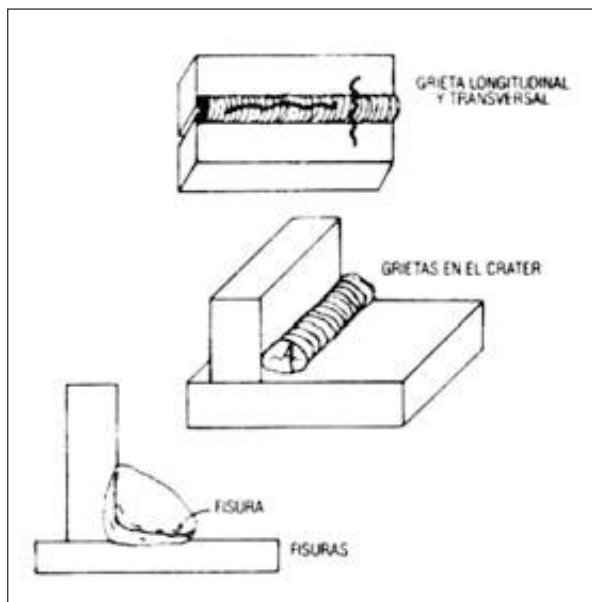
#### **6.13.2.6.1 TRES TIPOS DE GRIETAS EN EL METAL APORTADO**

##### **a) GRIETAS TRANSVERSALES (Fig.6.41).**

Estas grietas perpendiculares al eje de la soldadura, en algunos casos se extienden hasta el metal base, éste tipo de grieta se presenta más comúnmente en juntas que tengan un alto grado de sujeción. (juntas muy rígidas).

##### **b) GRIETAS LONGITUDINALES (Fig.6.41)**

Se presentan generalmente en el centro del depósito, pueden ser una continuación de



**FIG.6.41  
ILUSTRACIÓN DE  
AGRIETAMIENTOS Y  
FISURAS**

una grieta originada en los cráteres que se forman al final de la soldadura, o pueden formarse debido a una grieta formada en el depósito.

**c) GRIETAS FORMADAS EN UN CRATER (Fig.6.41).**

Cuando se termina de depositar un cordón o hay necesidad de interrumpirlo por haberse terminado el electrodo, existe una gran tendencia para que se formen grietas en el cráter resultante.

Estas grietas generalmente están localizadas y se extiende únicamente hasta los bordes del cráter, sin embargo pueden llegar a ser el origen de una grieta longitudinal.

**6.13.2.6.2 SE PUEDEN PRESENTAR DOS TIPOS DE GRIETAS EN EL METAL BASE Y GENERALMENTE SE ORIGINAN EN LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR.**

**a) GRIETAS LONGITUDINALES (Fig.6.41).**

Se forman en el metal base, paralelamente al cordón de soldadura, pueden ser una continuación de una grieta originada por debajo del cordón. Se pueden encontrar en dos lugares: en el pie o en la raíz de la soldadura extendiéndose hacia el metal base.

Este tipo de grietas puede aparecer en la zona de fusión cuando se sueldan aceros de alto grado de endurecimiento en donde el metal de aporte y el metal base son de

composición diferente, originándose en la zona de fusión aleaciones de propiedades impredecibles.

#### **b) GRIETAS TRANSVERSALES (Fig.6.41).**

Este tipo de grietas en el metal base, se presentan generalmente en ensambles en filete cuando se sueldan aceros de alto grado de endurecimiento, en donde la distancia entre el borde de la soldadura y el borde de la platina es relativamente pequeña.

Generalmente las grietas se originan en los primeros depósitos, o sea en la raíz de la soldadura, en estos casos, a menos que se detecten y se eliminen, estas se propagarán a lo largo de todas las capas siguientes.

Las causas que pueden originar las grietas en la soldadura son:

Tipo inapropiado de electrodo. Juntas muy rígidas. Soldadura Imperfecta, Aceros de baja aleación y alta resistencia y preparación defectuosa de las piezas por soldar.

Al presentarse un agrietamiento se pueden variar ciertas técnicas de depositar los cordones a saber:

- a) Variar la manipulación o las condiciones eléctricas, con el cual se logrará una variación en el contorno del depósito.
- b) Disminuir la velocidad de avance para aumentar el espesor del depósito y por consiguiente tener más metal de soldadura, capaz de resistir los esfuerzos originados.
- c) Utilizar técnicas de precalentamiento.
- d) Utilizar electrodos del tipo bajo hidrógeno, ejemplo: WIZ – 18
- e) Efectuar tratamientos térmicos después de terminar el depósito.
- f) Sujetar adecuadamente las piezas por soldar, evitar sujetarlos en una forma totalmente rígida.
- g) Trabajar con un amperaje lo más bajo posible.

### **6.13.3 PROPIEDADES DEFECTIVAS**

Cualquier ensamble soldado requiere que la soldadura tenga determinadas propiedades mecánicas y/o químicas. Estos requerimientos dependen de los códigos o especificaciones las cuales al no cumplirse, necesariamente originan una soldadura defectuosa, aunque el depósito está totalmente sano.

Dentro de las propiedades mecánicas que pueden no ser satisfactorias, tenemos: Resistencia máxima, Límite de Fluencia, Ductilidad, Dureza y Resistencia al Impacto. Dentro de las químicas tenemos: Composición del Metal de Aporte o Resistencia a la Corrosión del metal depositado.

Para controlar y prevenir lo anterior hay necesidad de efectuar uniones experimentales, siguiendo los mismos procedimientos indicados para la soldadura real y comprobar su resistencia y comportamiento para que de esta manera poder determinar la factibilidad o no de lograr con los elementos disponibles (electrodos, máquinas soldadoras y/o operario etc.), que una unión o una soldadura cumpla con las especificaciones pre- establecidas.

Es necesario recalcar que no todos los defectos en la soldadura, se deben al procedimiento de soldar en sí sino pueden ser originados por ciertas características del metal base, los cuales deben ser controlados y sus especificaciones deben cumplir con los pre-establecidos, o de lo contrario se estará incurriendo en un defecto en la soldadura sin que se haya depositado cordón alguno.

#### **6.13.4 SOPLO MAGNÉTICO**

El arco eléctrico algunas veces se desvía de su camino natural y tiende a dirigirse hacia adelante, hacia atrás o hacia los costados del charco del metal fundido. Lo anterior se conoce como soplo magnético y se presenta generalmente con corriente continua.

El soplo magnético es producido por la concentración de las fuerzas magnéticas en un costado del arco, y causa un desgaste irregular del electrodo. La anterior circunstancia es importante tenerla en cuenta por cuanto puede ser responsable de obtener depósitos defectuosos de soldadura. El soplo magnético del arco puede ser evitado o reducido usando cualquiera de los métodos siguientes:

- Utilizando las técnicas de soldadura por puntos, haciéndolos gruesos y luego entre los puntos o cordones cortos ya hechos.
- Cuando se trata de cordones largos, soldar utilizando el método de soldadura por retroceso.
- Colocar la grapa de conexión a tierra lo más alejada posible de la junta a soldar.
- Cuando se trata de piezas pequeñas, colocar la grapa de conexión a tierra en el extremo en donde se iniciará el cordón y soldar alejándose de ésta y dirigiéndose hacia una soldadura de punto, si esto es posible.
- Mantener el arco corto, de modo que el electrodo toque el metal base, dirigiendo el extremo de arco del electrodo en una dirección opuesta a la del soplo magnético.
- Soldar una pequeña tira del metal al través de la junta en el extremo final del cordón.
- En lo posible utilizar corriente alterna.

Una vez conocidos los «defectos» que se presentan con más frecuencia al soldar con electrodo manual revestido, sus causas y soluciones, se darán algunas recomendaciones sobre las técnicas visuales de inspeccionar una soldadura.

Un inspector debe estar familiarizado con todas las indicaciones referentes a soldaduras que se incluye en un plano de taller con las técnicas e instrumentos de medición, con las características y funcionamiento de las máquinas de soldar incluidos en la dotación del taller, con los diferentes tipos de electrodos y en especial con los que se utilizan en

el taller, con las características mecánicas y químicas del metal base que se esté soldando, con el modo de trabajos de todos y cada uno de sus soldaduras y en general con todos los detalles que de una u otra manera puedan ser determinantes en el logro de depósito de soldadura sana y libre de defectos.

La zona de inspección debe estar dotada de una iluminación tal que el inspector pueda identificar con certeza cualquier defecto, para observar la superficie del depósito en donde existe duda de su sanidad, el inspector deberá estar dotado de una lupa, y para observar soldaduras en áreas restringidas o en recipientes cerrados, el inspector deberá estar previsto de todos los elementos de medidas necesarias para calibrar las dimensiones físicas del ensamble soldado y las características de la junta, apertura de raíz, ángulo de chaflán etc., y en general, poder comprobar todas y cada una de las especificaciones dadas por el diseñador, incluidas en el plano respectivo.

Las técnicas de inspección visual se pueden dividir en tres (3) fases a saber:

1. INSPECCIÓN ANTES DE SOLDAR
2. INSPECCIÓN DURANTE EL PROCESO DE SOLDAR
3. INSPECCIÓN DESPUÉS DE SOLDAR

### **6.13.5 INSPECCIÓN ANTES DE SOLDAR**

Se debe inspeccionar la limpieza de la superficie del metal base, que éste haya quedado libre de escoria, óxido, grasa, pintura, etc. Entre más limpio quede el metal base, más se disminuye la posibilidad de obtener depósitos de soldadura defectuosa.

Se deben chequear las dimensiones de las piezas por soldar, y rechazar aquellas que encuentren dobladas, rotas o con algún otro defecto mayor. Se debe controlar la preparación de la junta, ángulo del chaflán, apertura de raíz, alineamiento, etc.

Cuando se requiera sujetar las piezas por soldar, se debe controlar dicha operación para evitar una excesiva rigidez del conjunto, rigidez que puede originar defectos mayores, agrietamiento por ejemplo.

### **6.13.6 INSPECCIÓN DURANTE EL PROCESO DE SOLDAR**

En general un inspector de soldadura o un soldador, debe estar en capacidad de detectar y corregir una soldadura que se está efectuando con un arco largo o demasiado corto, con una velocidad de avance lenta o rápida, con una inclinación incorrecta del electrodo, con amperaje alto o bajo y/o con un movimiento de tejido inapropiado. Estos factores se pueden detectar cuando se esté soldando y se pueden corregir variando de inmediato las condiciones de trabajo, ejemplo: variando el amperaje, longitud del arco, la velocidad de avance, etc.

Al soldar por capas o el reiniciarse un cordón se debe verificar que la escoria haya sido removida en su totalidad, de lo contrario el depósito se puede quedar con incrustaciones de escoria.

El control de la sanidad de los primeros depósitos o los denominados pases de raíz, es importante por cuanto cualquier defecto que se presenta en esta etapa de la soldadura, al no destacarse y corregirse, puede propagarse a todas las capas subsiguientes, en especial al defecto de agrietamiento.

Durante el proceso de soldar se debe controlar la temperatura del metal base, y del metal aportado. No se debe permitir que se calienten excesivamente, por cuanto se dificulta la obtención de depósitos sanos, se aumenta la distorsión, se dificulta la remoción de escoria, el electrodo no trabaja correctamente y se incrementa la posibilidad de obtener depósitos agrietados.

Al soldar por capas y en especial en soldaduras de relleno, se debe controlar la secuencia con que se depositan los diferentes cordones, secuencias que deben estar especificadas y con las cuales se disminuye la posibilidad de distorsión.

En términos generales el inspector y el soldador deben estar familiarizados con todos los defectos que se pueden originar al soldar, y hasta donde sea posible no incurrir en las causas que los originan.

#### **6.13.7 INSPECCION DESPUES DE SOLDAR**

Los siguientes factores de calidad se pueden determinar visualmente, después de haberse terminado la soldadura.

a) Exactitud dimensional del ensamble soldado (incluyendo distorsión)

b) Conformidad con los requerimientos especificados.

1. Distribución
2. Tamaño de la soldadura
3. Perfil de la soldadura
4. Continuidad de la soldadura

c) Apariencia de la soldadura

d) Presencia de defectos tales como:

1. Grietas
2. Porosidad
3. Cráteres sin rellenar
4. Cráteres agrietados (al final de los cordones)
5. Socavación
7. Otros.

La finalidad de ésta inspección visual es detectar cualquier defecto, que pueda afectar la resistencia del ensamble soldado durante el servicio. La inspección final se debe efectuar después de haberse limpiado adecuadamente la soldadura y el metal base.

Algunas técnicas de limpieza pueden ocultar cierto tipo de defectos, tal es el caso de la limpieza con chorro de arena que puede ocultar a la vista, grietas pequeñas y la limpieza con gratas de alambres de aluminio que puede ocultar una grieta haciéndola indetectable, inclusive por métodos de inspección de penetración.

La exactitud dimensional de una soldadura se puede determinar por los métodos convencionales de medida (calibrados, profundímetro, etc.) o con la ayuda de galgas adecuadas construidas para tal efecto.

En los ensambles soldados con chaflán se deben calibrar las siguientes características:

1. Penetración (al soldar por un solo lado)
2. Altura del refuerzo
3. Espesor
4. Grado de distorsión

Y en los ensambles soldados en filete las siguientes:

1. Tamaño de la soldadura
2. Grado de distorsión
3. Concavidad ó convexidad
4. Espaciamiento (soldadura salteada).

Los resultados de las mediciones anteriores, dan al inspector datos sobre el depósito efectuado, los cuales al compararlos con las especificaciones aseguran o no el logro de un depósito aparentemente resistente a las condiciones de servicio a que será sometido el ensamble soldado aparente, por cuanto es necesario que la soldadura haya quedado libre de defectos y se haya efectuado con las técnicas y los electrodos apropiados.

## **6-14 NORMAS DE SEGURIDAD**

A continuación daremos una serie de normas de seguridad, las cuales se deben cumplir para efectos de salva-guardar la integridad física del soldador y de sus compañeros de trabajo, y para evitar el deterioro anormal del equipo.

1. Mantener el equipo de soldadura en óptimas condiciones (limpio, seco etc.)
2. Asegurarse que todas las conexiones eléctricas estén apretadas, limpias y secas.
3. Utilizar el tipo de cable apropiado al amperaje de trabajo. Los tamaños mínimos de cables corrientes de soldar son:

AMPERIOS	TAMAÑO DEL CABLE
100	4
150	3
200	2
250 – 450	1 0
300 – 450	2 0
500	3 0
600	4 0

4. Desconectar la corriente eléctrica del equipo, antes de efectuar cualquier operación de limpieza, reparación o inspección.
5. Chequear continuamente que los cables, los porta electrodos y las conexiones estén debidamente aisladas.
6. No cambiar la polaridad de la máquina soldadora cuando el arco esté encendido.
7. Nunca soldar cerca de materiales inflamables, si las circunstancias así lo exigen, proteger dichos materiales debidamente.
8. No soldar cerca de gases líquidos volátiles y/o inflamables.
9. No soldar o cortar recipientes tales como: Barriles o tanques, hasta estar seguro que no hay peligro de explosión o fuego.
10. No producir arco eléctrico en cilindros de gases comprimidos.
11. Colocar las colillas de los electrodos en un recipiente metálico.
12. Emplear siempre caretas protectoras mientras se esté soldando, utilizar el grado apropiado de tonalidad del lente, dependiendo del trabajo específico que se esté haciendo.

#### TONALIDAD DEL LENTE No.

A.	Soldadura a baja temperatura o soldadura de plomo	4
B.	Soldadura de punto	5
C.	Soldadura por gas	5
D.	Corte por gas	5
E.	Soldadura oxiacetilénica	6
F.	Corte	6
G.	Soldadura al arco hasta 300 amperios	6
H.	Soldadura o corte del arco (75 a 200 amperios)	10
I.	Soldadura o corte al arco (75 a 200 amperios)	12
J.	Soldadura o corte al arco sobre 400 amperios	14

14. Usar gafas protectoras al picar la escoria, alejar la cara cuando golpee.
15. Usar guantes de cuero, overol, delantal y mangas, abróchese el cuello de la camisa.
16. Rodear el área de soldar con cortinas de material apropiado. Con lo anterior se protege a los compañeros de trabajo de los rayos del arco.



17. Asegúrese de que el área de trabajo tenga ventilación adecuada y suficiente.

## **6.15 CONSEJOS PRACTICOS PARA AHORRAR COSTOS AL SOLDAR CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO**

La soldadura por arco con electrodo manual revestido, es el proceso más económico de unir metales. Sin embargo, tanto el diseñador como el soldador, deberán estar pendientes de buscar métodos que ahorren tiempo y materiales para de esta manera hacer este proceso de soldar lo más económico que sea posible.

Las siguientes recomendaciones ayudarán a disminuir los costos del proceso de soldar con electrodo manual revestido.

### **a) MATERIALES:**

Hasta donde las condiciones de servicio lo permitan, seleccione materiales fáciles de soldar, que no requieren electrodos costosos y/o procedimientos complicados.

### **b) DISEÑO DE LA JUNTA:**

Al soldar materiales de espesor considerable, el uso de chaflanes dobles, ahorrarán material de aporte, lo anterior siempre y cuando se pueda soldar por los dos lados.

### **c) CONTROL DE LA DISTORSION:**

Utilizar el proceso de soldadura por retroceso o cualquier otro procedimiento de los enunciados en la sección «12» del presente capítulo, para disminuir la distorsión, con lo anterior se reduce considerablemente los costos de mecanizado.

### **d) AJUSTE APROPIADO:**

Una apertura de raíz excesivamente ancha, aumenta el consumo de electrodos. En el caso de un ensamble soldado en filete, el tamaño de la soldadura se debe aumentar en la misma proporción al aumento de la apertura de la raíz, para de ésta manera mantener la resistencia especificada.

### **e) TAMAÑO DE LA SOLDADURA EN UN ENSAMBLE EN FILETE:**

El tamaño de la soldadura en éste tipo de «junta» se debe controlar adecuadamente, al doblarse su tamaño se requieren cuatro (4) veces más material de aporte.

### **f) REFUERZO DE LA SOLDADURA:**

Con un refuerzo extra de la soldadura, o con una soldadura en filete de brazos

desiguales pero especificada de brazos iguales, se gasta más material de aporte, y el exceso incrementa muy poco la resistencia de la soldadura.

**g) POSICION A SOLDAR:**

Siempre que sea posible utilice la posición plana. Esta posición permite el uso de electrodos más gruesos y la ejecución de la soldadura es más fácil y cómoda para el soldador.

**h) TAMAÑO DEL ELECTRODO:**

Utilizar electrodos de mayor diámetro posible, estos electrodos proporcionalmente cuestan menos y con ellos se incrementa la velocidad de soldar. (Ver Tabla siguiente).

**i) LONGITUD DE ARCO:**

Mantener la longitud del arco lo más corta posible. Lo anterior concentrará toda la corriente en la junta y minimizará las pérdidas del material por salpicaduras.

**j) TIPO DE ELECTRODO:**

Seleccionar los electrodos de mayor productividad, ejemplo: electrodos con polvo de hierro.

**k) COLILLAS:**

Utilizar los electrodos hasta que la colilla tenga una longitud de 5 cms.

**l) TAMAÑO Y LONGITUD DE LOS CABLES DE LA MAQUINA SOLDADORA:**

Un cable relativamente delgado se calentará y el calor generado es un desperdicio. Un cable demasiado largo causa disminución en la potencia y originará una caída del voltaje en la porta-electrodo.

**m) CONEXIONES:**

Las conexiones flojas se destacan por un excesivo calentamiento con la consecuente pérdida de potencia. Corregirlos cuando se detecten.

**6.16. FACTORES FUNDAMENTALES PARA OBTENER UNA BUENA SOLDADURA.**

Resumen:

Para efectos de tener una soldadura óptima, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Utilizar máquinas soldadoras, Electroodos y accesorios de soldaduras de excelente calidad.
- b) Conocer exactamente el tipo de material base que se va a soldar.
- c) Seleccionar un procedimiento adecuado, para cumplir los requerimientos de servicio a que será sometido el ensamble soldado y obtener un depósito de óptima calidad en el metal base a utilizar.
- d) Seleccionar el electrodo correcto, dependiendo del tipo de una junta, tipo de material, posición de la soldadura, máquina de soldar, etc.(ver capítulo IV).
- e) Cuando se requieran técnicas de precalentamiento al soldar determinado tipo de metal base, asegurarse de que los requerimientos de temperatura se cumplan. Nunca soldar un material que esté a una temperatura inferior a los 32 ° F, en caso de tal precalentar el material.
- f) Limpiar totalmente el metal base. Dejarlo libre de escoria de laminación, pintura, grasa, aceite, humedad y cualquier otro elemento extraño.
- g) Después de depositar un cordón, se debe desalojar en su totalidad la escoria resultante y la superficie se debe limpiar adecuadamente, antes de depositar el siguiente cordón.
- h) Al detectarse un cordón agrietado, no soldar por encima de éste. Hay necesidad de eliminar la parte agrietada del cordón antes de efectuar el siguiente paso.
- i) Al depositarse los primeros pases o sea los de penetración, estar alerta de lograr una completa y total fusión de raíz.
- j) Cuando por alguna circunstancia, la apertura de raíz en un ensamble con chaflán es relativamente grande, rellene a un lado de la junta, antes de unir las dos (2) piezas.
- k) Una vez terminada la soldadura inspeccionarla totalmente y cualquier defecto que se encuentre desalojarlo y reemplazarlo.
- l) Cumplir con las normas especificadas, en especial las que tratan sobre el tamaño de la soldadura, es más conveniente excederse en relación a las normas especificadas, que no cumplirlas.
- m) Procurar que los depósitos de soldadura tengan una apariencia impecable. Hay que recordar que mucha gente juzga la calidad de un depósito por su apariencia.

## **6.17 RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS ELECTRODOS «WEST ARCO»**

El objetivo de este artículo es fijar normas para el almacenamiento, mantención y reacondicionamiento de los electrodos «West Arco».

Todos los tipos de electrodos son afectados por la humedad, en algunos casos (E 6010 – 6011, 6012, etc.) la absorción de humedad produce sólo cambios en las características de Soldabilidad (Estabilidad de Arco) y apariencia del recubrimiento; en otros, como ser los electrodos de bajo contenido de Hidrógeno, además de los cambios antes mencionados, se producen pérdidas en las características mecánicas del metal

depositado y pueden presentar porosidades u otros defectos que los dejen fuera de la aprobación de las normas de inspección, ya sean éstas visuales, mecánicas o radiográficas.

Como las condiciones de mantenimiento y reacondicionamiento son diferentes para los diversos tipos de electrodos, hemos agrupado aquellos cuyas características se asemejan más a fin de facilitar la observación de estas medidas:

Previamente definiremos los siguientes conceptos:

**a) CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:**

Son aquellos que se deben observar con el stock de soldadura en cajas cerradas.

**b) CONDICIONES DE MANTENCION:**

Son aquellos que se pueden observar con las cajas de electrodos una vez abiertas.

**c) REACONDICIONAMIENTO:**

Son las condiciones de temperatura y tiempo a los cuales hay que someter a los electrodos que se hayan humedecido.

En todos aquellos casos en que los depósitos sean sometidos a una inspección radiográfica, se considera que un electrodo corriente (E 6010 – 6011 – etc.) está húmedo cuando haya sido expuesto a una humedad ambiente superior al 70% durante 24 horas.

En los electrodos de bajo contenido de Hidrógeno esas condiciones se reducen a 3 ó 4 horas.

Antes de reacondicionar electrodos húmedos, éstos deberán mantenerse a 80°C., durante 1 hora, a fin de evitar trizaduras en los revestimientos debido a bruscas diferencias de temperatura.

Para aquellos casos en que los humedecimientos sean excesivos se deberá efectuar el reacondicionamiento y luego someter los electrodos a pruebas de soldabilidad y mecánicas, a fin de comprobar los resultados obtenidos.

Damos a continuación la Tabla de Condiciones de Almacenamiento, Mantención y Reacondicionamiento.

## CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Se aconseja consumir toda la soldadura una vez abierta la caja;no obstante de ser indispensable guardar soldadura por fuera del empaque original se recomienda hacerlo en las siguientes condiciones:

TIPO DE ELECTRODO	ELECTRODOS DESEMPACADOS	REACONDICIONAMIENTO DEELECTRODOS HUMEDOS
XL 610, ZIP 10T, ACP 611, ACP 616 SS, ZIP 710 A1 ZIP 710 A1	Cuarto seco a Temperatura no mayor a 40° C.	NO
FP 612, ZIP 12, 14, 24, 27 DUROWELD 250, 350, 450, 550 Y 650, SOLDOMANG	40 - 60° C	120 - 140° C 1 Hr
ZIP 28, WIZ 18, WIZ 18 S, WIZ 16, WIZ 818 C3 y demás electrodos De bajo hidrógeno	120 - 200° C	260 - 340° C 2-3 Hrs.
CROMARCOS 308L, 309 310, 312, 316L, 318 347, 410	120 - 150° C	180 - 230° C 2-3 Hrs.

## P R E C A U C I O N

### AL ALMACENAR Y/O TRANSPORTAR SOLDADURA

- NO** ALMACENE LAS CAJAS SOBRE EL PISO:HÁGALO SOBRE ESTIBAS DE MADERA O SIMILAR.
- NO** GOLPEE LAS CAJAS
- NO** SE PARE ENCIMA DE ELLAS
- NO** LAS EXPONGA A LA HUMEDAD AL MOVILIZARLAS NO LAS BOTE,DESLÍCELAS
- NO** HAGA ARRUMES DE MAS DE OCHO CAJAS UNA SOBRE OTRA
- NO** ALMACENE SOLDADURA CERCA DE CEMENTO,ACIDOS U OTROS CONTAMINANTES.

MANTENGA LAS CAJAS CERRADAS A UNA TEMPERATURA DE 15°C POR ENCIMA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y UNA HUMEDAD RELATIVA INFERIOR AL 50%

PARA ALMACENAMIENTO DE CAJAS ABIERTAS CONSULTE LAS RECOMENDACIONES DE NUESTRO CATALOGO DE PRODUCTOS  
DESPACHE LA SOLDADURA DE TAL MANERA QUE SALGA PRIMERO LA MAS ANTIGUA EN INGRESAR.

DURANTE EL TRANSPORTE PROTEGALA DE LA LLUVIA O CUALQUIER LIQUIDO

**NO** UTILICE ELECTRODOS QUE HAN PERDIDO EL REVESTIMIENTO

**NO** UTILICE ELECTRODOS HUMEDOS, REACONDICIÓNELLOS DE ACUERDO CON LAS INSTRUCCIONES DE NUESTRO CATÁLOGO DE PRODUCTOS .

### **ELECTRODOS DE BAJO CONTENIDO DE HIDROGENO**

NOTA: Si estos electrodos se han humedecido y están en condiciones de ser reacondicionados deberá mantenerse los durante 1 hora a 80°C., antes de llevarlos a la temperatura de reacondicionamiento.

En el caso de que el humedecimiento sea excesivo estos electrodos no deberán ser reacondicionados.

Las tablas que se indican a continuación proporcionan el peso aproximado de los diferentes tipos de electrodos requeridos para soldar los tipos de uniones más usadas.

Cuando haya diferencia en las condiciones dadas o preparación de las uniones, deberán ajustarse los valores tabulados para compensar tales diferencias:

#### **BASES DEL CALCULO:**

Las cantidades de electrodos que figuran en las tablas se han calculado como sigue:

$$P = \frac{S}{1 - L}$$

P – peso de electrodo requerido.

L – pérdidas totales del electrodo

S – peso de acero depositado

Para obtener el peso del acero depositado, es necesario calcular primero el volumen del metal depositado (sección del bisel multiplicada por el largo) y transformarlo en peso por medio del factor 0.283 libras por pulgada cúbica para acero.

Cuando se consideren soldaduras sin refuerzos deberá agregarse un porcentaje al valor de soldadura sin refuerzo.

## SOLDADURA DE FILETE HORIZONTAL

TAMAÑO DEL FILETE (EN PULGADAS)	KILOS DE ELECTRODOS SOLDADURA (APROX.) POR METRO LINEAL	KILOS DE ACERO DEPOSITADO POR METRO LINEAL
1/8	0.072	0.040
3 / 16	0.168	0.094
5 / 16	0.282	0.158
3 / 8	0.441	0.247
1 / 2	0.636	0.356
5 / 8	1.132	0.633
3 / 4	2.765	0.988
1	3.540	1.423
1 ¼	4.515	2.530

Incluye colilla y pérdida por salpicaduras.

## SOLDADURA DE TOPE CON BISEL EN “V”

DIMENSIONES DE LA UNION (EN PULGADAS)			KILOS DEL ELECTRODO POR METRO LINEAL DE SOLDADURA @ (APROX.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADO POR METRO LINEAL	
			Sin Refuerzo	Con Refuerzo @ @	Sin Refuerzo	Con Refuerzo @ @
T	W	S				
1/4	0.207	1/16	0.224	0.373	0.126	0.213
5/16	0.311	3/32	0.462	0.685	0.258	0.384
3/8	0.414	1/8	0.745	1.040	0.420	0.587
1/2	0.558	1/8	1.129	1.714	0.728	0.955
5/8	0.702	1/8	2.011	2.500	1.122	1.403
3/5	0.847	1/8	2.890	3.501	1.609	1.966
1	1.138	1/8	5.141	5.960	2.876	3.376

Incluyen colillas y pérdidas por salpicaduras.

R = Altura del refuerzo.

## SOLDADO POR LOS DOS LADOS

Si la raíz del cordón fuera maquinada agregar 0.032 kgrs., al acero depositado (equivalente aproximadamente a 0.059 kgrs., de electrodos).

DIMENSIONES DE LA UNION (EN PULGADAS)			KILOS DEL ELECTRODO POR METRO LINEAL DE SOLDADURA (APROX.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADO POR METRO LINEAL	
			Sin Refuerzo	Con Refuerzo @ @	Sin Refuerzo	Con Refuerzo @ @
T	W	S				
1/	1/4	0 1/32	0.044	0.313 0.357	0.019	0.177 0.197
3/16	3/8	1/32 1/16	0.059 0.104	0.536 0.581	0.029 0.059	0.296 0.324
1/4	7/16	1/16	0.149 0.208	0.700 0.789	0.079 0.119	0.388 0.429

## UNIONES DE TOPE SIN BISEL SOLDADAS A UN SOLO LADO:

DIMENSIONES DE LA UNION (EN PULGADAS)			KILOS DEL ELECTRODO POR METRO LINEAL DE SOLDADURA @ (APROX.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADO POR METRO LINEAL	
			Sin Refuerzo	Con Refuerzo @ @	Sin Refuerzo	Con Refuerzo @ @
T	W	S				
3/16	3/8	0 1/16	0.060	0.240 2.298	0.029	0.131 0.162
1/4	7/16	1/16 3/32	0.075 0.04	0.343 0.387	0.029 0.058	0.162 0.213
5/16	1/2	1/16 3/32	0.089 1.34	0.402 0.447	0.049 0.074	0.228 0.253





# **CAPITULO VII**

## **SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO**

## CAPITULO VII

### SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

Aunque los capítulos pasados se dedicaron a explicar todos y cada uno de los pormenores del proceso de soldadura por arco con electrodo manual revestido; se consideró importante incluir también, y en términos generales, las características más relevantes de dos procesos de soldar para los cuales Electromanufacturas S.A., está fabricando los materiales de aporte, a saber:

Soldadura por arco sumergido y soldadura oxiacetilénica.

En el presente capítulo y el Capítulo VIII tratarán sobre estos dos temas respectivamente.

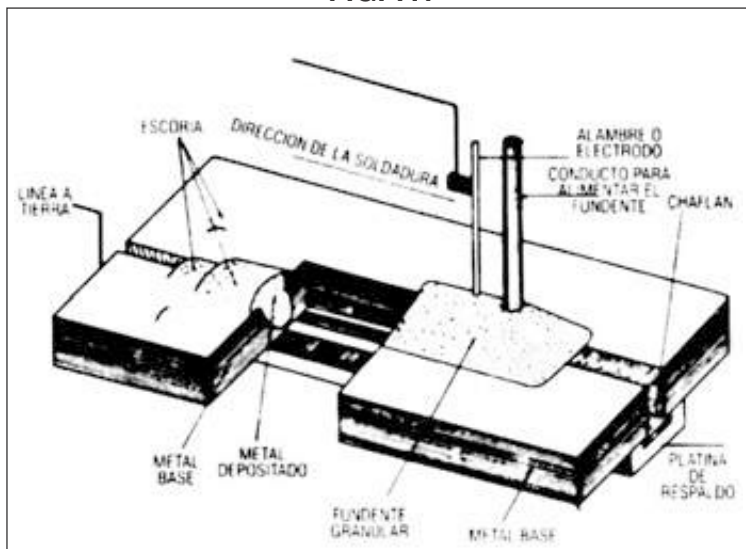
#### SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO:

##### 7.1 DEFINICIÓN

A.W.S. (American Welding Society) lo define como: Proceso de soldadura por arco, donde la cualescencia se produce por calentamiento con un arco eléctrico obtenido entre un electrodo de metal desnudo y el trabajo. El arco es protegido por una capa de material granular fundible depositado previamente sobre el trabajo y que cubre totalmente el extremo de arco del electrodo.

No se utiliza presión y el material de aporte es suministrado por el electrodo.

FIG. 7.1



## PRINCIPIOS DE OPERACIÓN:

El proceso está ilustrado esquemáticamente en la Fig.7.1. Se puede utilizar como fuente de poder, una máquina corriente alterna o continua. El fundente granular se deposita ligeramente delante del electrodo, el cual viene en forma de chipa de alambre usualmente cobrizado para facilitar el contacto eléctrico. El arco queda totalmente sumergido por fundente granular de tal forma que únicamente pequeñas llamas quedan visibles. El fundente suministra una completa protección al metal fundido de tal forma que con éste proceso se pueden obtener depósitos de excelente calidad.

El cabezote que lleva el alambre y fundente se puede desplazar automáticamente a lo largo de toda la unión o este puede estar estacionado y en tal caso se hace mover el trabajo.

Parte del fundente se licúa y flota sobre el metal depositado en donde se solidifica en forma de una escoria frágil y fácilmente removible. El exceso de fundente que no se licúa se puede recolectar por métodos manuales o mecánicos y utilizar nuevamente.

Este proceso de soldadura se caracteriza, porque utiliza amperajes para soldar relativamente altos, la corriente transmitida en relación al diámetro del electrodo es comúnmente seis (6) veces mayor a la transmitida en el proceso de soldadura por arco con electrodos manual revestido. Debido a este factor, la rata de fusión del electrodo y la velocidad de la soldadura son proporcionalmente mayores.

Con este proceso se obtiene penetración profunda, lo que trae como consecuencia la no utilización de chaflanes o el uso de chaflanes relativamente pequeños dependiendo del espesor del trabajo. Por ejemplo: no se requiere chaflán al soldar a tope platinas de 16 milímetros en dos pasadas, y para espesores mayores se utiliza chaflanes dobles haciendo un pase por lado y lado, sin necesidad de desalojar el metal de la raíz de la soldadura del primer pase antes de depositar el segundo, por cuanto la penetración es suficiente para que el depósito alcance a extenderse o entrelazarse con el primero.

Debido a la alta penetración, aproximadamente por cada volumen del metal depositado se funden 2 volúmenes de metal base, de donde éste, en una gran proporción determina las propiedades químicas y mecánicas del metal de la soldadura, lo que al soldar la gran mayoría de aceros bajamente aleados hace innecesario el uso de electrodos de composición similar al metal base.

Las uniones obtenidas con este proceso de soldar, son generalmente resistentes, dúctiles, de apariencia uniforme y de bajo contenido de nitrógeno, que causa fragilidad en los aceros. Las propiedades mecánicas de los depósitos, son en la mayoría de los casos mejores o iguales que las del metal base. De donde se requiere materiales base homogéneos, libres de óxido, escoria, humedad y demás impurezas superficiales.

Con el proceso de arco sumergido se pueden lograr altas velocidades de soldadura y uniones de platinas relativamente gruesas. Velocidades de soldadura de 75 cms., por minuto en platinas de 25 cms., ó 3.0 cms., son comunes.

Se usan pocas pasadas o capas, menor posibilidad de obtener incrustaciones de escoria y/o depósitos porosos.

El proceso de soldadura por arco sumergido, se aplica normalmente en la manufactura de barcos, calderas, equipos de construcción, tubería, estructura de acero, etc.

Este proceso se utiliza cuando se requiera efectuar trabajos en serie, ya que el alto costo del equipo no justifica su utilización en trabajos menores u ocasionales.

El principio de operación del proceso de soldadura por arco sumergido se resume de la siguiente manera:

La punta del electrodo y la zona de soldadura siempre están rodeadas y protegidas por una envoltura de fundente licuado, con una capa sobrepuesta de fundente granular sin fundir.

El electrodo no está en contacto con el trabajo, la corriente pasa por medio del fundente en estado líquido.

La soldadura se hace sin chispas, salpicaduras y humo. Por lo tanto no se necesitan protecciones especiales como para otros procesos por arco.

El fundente es el elemento básico del proceso, y hace posibles las condiciones especiales de operación que lo distinguen.

Las propiedades aislantes del fundente, concentran el calor intenso del arco, en una zona relativamente pequeñas, donde el electrodo es alimentado continuamente, y el metal base se funde rápidamente.

La penetración profunda, asociada a la concentración de calor hace posible la utilización de biseles pequeños, lo que reduce la cantidad de metal de aporte necesario y aumenta la velocidad de soldadura.

En soldadura de un pase, se funde más metal base que metal de aporte.

El metal base, debido a lo dicho en el punto anterior, tiene gran influencia en las propiedades mecánicas y químicas del depósito, por lo que se hace innecesario el uso de electrodos de la misma composición del metal base (al soldar la mayoría de aceros bajamente aleados).

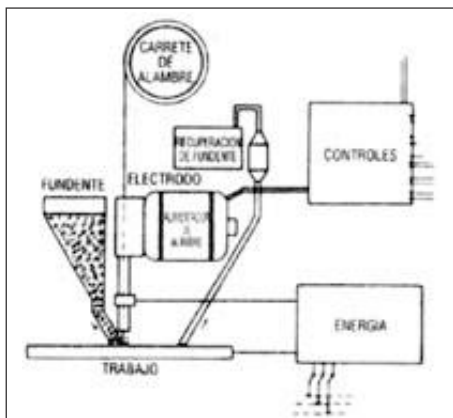
### **7.3. EQUIPOS NECESARIOS:**

#### **Cabezal:**

Dentro del equipo necesario para soldar con el proceso de arco sumergido «El Cabezal» es un dispositivo que a un mismo tiempo cumple tres funciones:

1. Deposita en una forma progresiva el fundente granular a lo largo de la junta.
2. Alimenta el electrodo continuamente. El electrodo viene en forma de chipa de alambre.
3. El electrodo transmite la corriente necesaria para soldar.

**FIG.7.2**  
**ESQUEMA DE CABEZAL**  
**DEL EQUIPO**  
**DE ARCO SUMERGIDO**



La Figura 7.2, muestra esquemáticamente un cabezal y la manera como éste conjunto de elementos cumplen las tres funciones enunciadas.

En algunos trabajos se requiere que el cabezal se desplace a lo largo de toda la unión, mientras el trabajo se encuentra estacionario: razón por la cual ciertos cabezales tienen incorporado un carro transportador.

El fundente se deposita en una tolva que tiene una salida colocada ligeramente delante del electrodo, el fundente por la acción de la gravedad se deposita gradualmente sobre la junta, la cantidad de fundente se regula mediante una llave mariposa.

El electrodo desnudo generalmente es alimentado partiendo de un rollo de alambre montado en un carretel, la distancia entre el extremo del arco del electrodo y el metal base se mantiene constante con un control automático que regula la velocidad de alimentación, transformando cualquier variación en el voltaje de arco en una variación compensatoria en la operación del motor alimentador.

La corriente se transfiere de la fuente de poder al electrodo a través de una boquilla de contacto.

### **7.3.2. FUENTES DE PODER:**

La fuente de poder para el proceso pueden ser:

- 1) Un generador o rectificador, de voltaje variable, que suministra corriente continua (amperaje constante).
- 2) Un generador o rectificador de voltaje constante que suministra corriente continua (amperaje variable).
- 3) Transformador de corriente alterna.

El término amperaje constante significa que si por alguna circunstancia, varía la longitud de arco y por consiguiente el voltaje de arco, la intensidad de la corriente (amperaje), se mantiene relativamente constante.

Del otro lado el término voltaje constante significa que a un cambio en el amperaje de carga, le corresponde un cambio relativamente reducido en el voltaje de arco. Los amperajes utilizados en el proceso de soldar son considerablemente mayores a los utilizados en otros procesos por arco, se han construido en serie equipos que pueden suministrar hasta 4.000 amperios.

En la Figura 7.2, se ilustra también el sistema de instalación de la fuente de poder, bien sea este un generador o un transformador de corriente.

## **7.4. ELECTRODOS Y FUNDENTES:**

### **7.4.1 ELECTRODOS:**

Los electrodos para arco sumergido están en condiciones de efectuar soldaduras en casi todos los tipos de metales, como son, acero al carbono, aceros de baja aleación, aceros de alto carbono, aleaciones especiales de acero, acero inoxidable, aleaciones no ferrosas y aleaciones especiales para recubrimientos duros. Los electrodos comúnmente usados son alambres con una superficie limpia y brillante, en forma de rollos, normalmente cobrizado excepto en soldadura de materiales resistentes a la corrosión.

Su sistema de clasificación, según A.W.S, es el siguiente:

Ejemplo: EL – 12 ((West Arco WA –60).

**E.-** Significa electrodo.

La letra siguiente puede ser L, M, ó K que significan:

- L.** Contenido de Manganeseo 0.60%
- M.** Contenido de Manganeseo 1.25%
- H.** Contenido de Manganeseo 2.25% máximo
- K.** Hecho para colada de acero calmado al Silicio.

Los dígitos indican el contenido normal de carbono. El 12 quiere decir 0.12% de carbono promedio.

### **7.4.2. FUNDENTES:**

Los fundentes están manufacturados con composiciones minerales especialmente formulados por lo que no generan gases.

El fundente frío no es conductor de electricidad, pero en estado de fusión se vuelve un gran conductor.

En éste estado, el fundente produce condiciones excepcionales para usar alta densidad de corriente, lo que genera gran cantidad de calor.

El fundente protege el baño de fusión contra la atmósfera y actúa como un limpiador de la soldadura, modifica la composición química del metal fundido. La soldadura por arco

sumergido se puede hacer dentro de un amplio rango de corrientes, voltajes y velocidades, cada uno de los factores enumerados se puede controlar independientemente.

Cada uno de estos factores afecta en algún grado la forma de la soldadura, su composición química y la actividad del fundente, así como las propiedades químicas, mecánicas y metalúrgicas de la junta.

## 7.5. VARIABLES MAS IMPORTANTES DEL PROCESO:

1. Tamaño del electrodo
2. Amperaje
3. Voltaje
4. Velocidad
5. Cantidad de fundente

### 7.5.1 TAMAÑO DEL ELECTRODO:

Sin variar la corriente afecta la profundidad de penetración.

Los diámetros mayores pueden usar mayor densidad de corriente y por lo tanto tienen mayor rata de deposición.

### 7.5.2. AMPERAJES:

En el que más influencia tiene:

1. Controla la velocidad con que se funde el electrodo.
2. Profundidad de penetración
3. Cantidad de aporte fundido

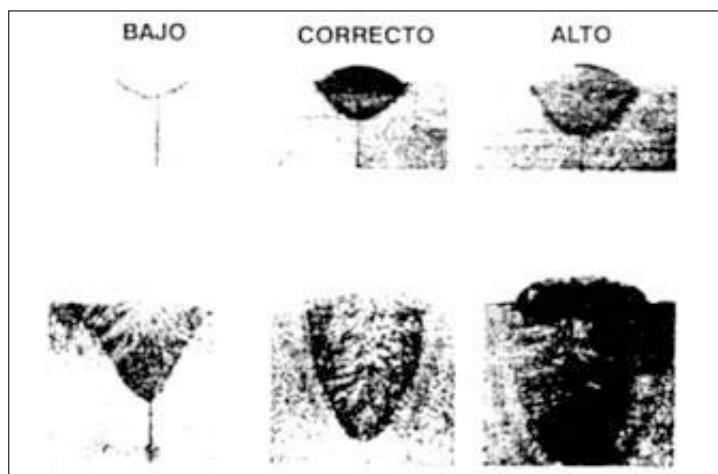


FIG. 7.3



### 7.5.3 VOLTAJE:

1. Determina la forma y ancho del cordón.

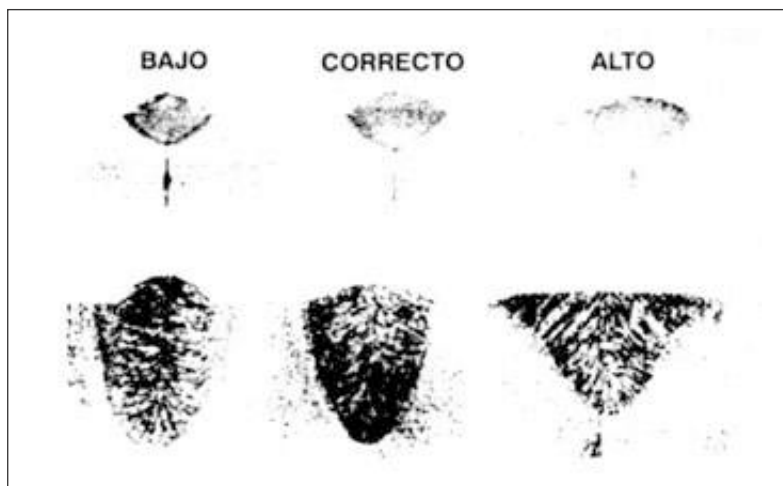


FIG. 7.4

### 7.5.4 CANTIDAD DE FUNDENTE:

Influye en la apariencia y porosidad del cordón.

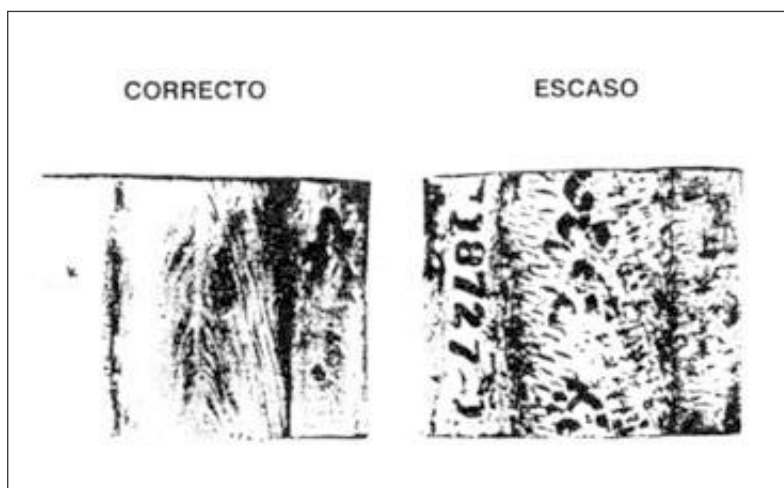


FIG. 7.5

# **CAPITULO VIII**

## **SOLDADURA OXIACETILENICA**

## CAPITULO VIII

### SOLDADURA OXIACETILÉNICA

#### 8.1 DEFINICIÓN:

A.W.S.(American Welding Society) lo define como un proceso de soldar, en donde la coalescencia es producida al calentar el trabajo con una llama obtenida de la combustión de acetileno con oxígeno, con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de materiales de aportación.

#### 8.2. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN:

El acetileno ( $C_2H_2$ ), es un gas que se produce como resultado de la reacción química entre el carburo de calcio ( $CaC_2$ ) y agua, según la siguiente ecuación:



El acetileno se almacena en tanques o es producido directamente utilizando generadores de acetileno; el principio de funcionamiento de estos generadores, consiste en dejar caer partículas de carburo de calcio dentro de agua y como resultado de la reacción química obtener el acetileno. (Fig.8.1).

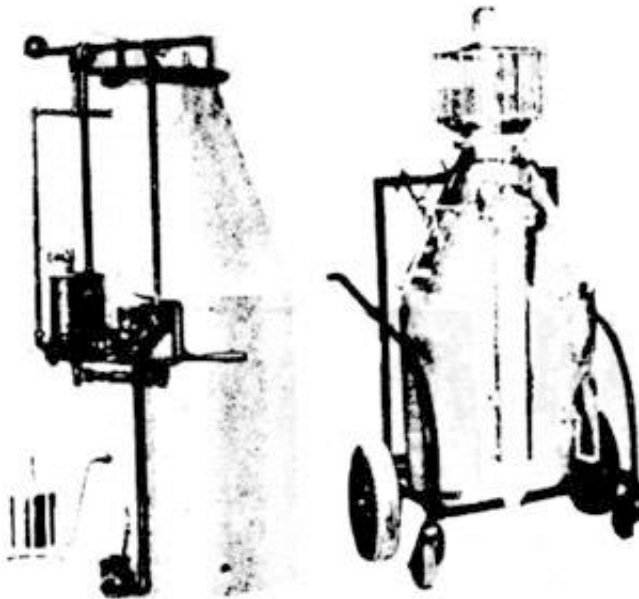


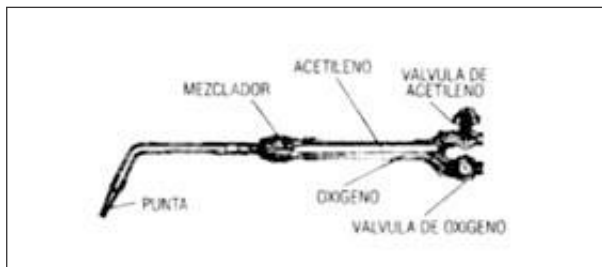
FIG. 8.1

El oxígeno que se utiliza en este proceso de soldadura, viene almacenado en tanques de presión («Botellas»).

El oxígeno y el acetileno se queman en una antorcha especial diseñada para tal fin.(Fig. 8.2).

La cantidad de oxígeno y acetileno se controlan con dos (2) válvulas reguladoras colocadas a la entrada de la antorcha.

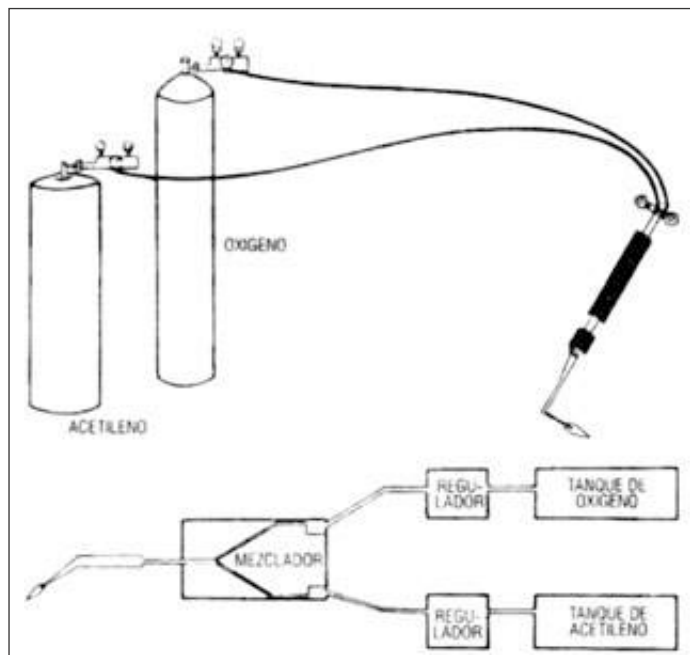
La Figura 8.3, muestra esquemáticamente el sistema de conexión que se utiliza normalmente.



**FIG.8.2**

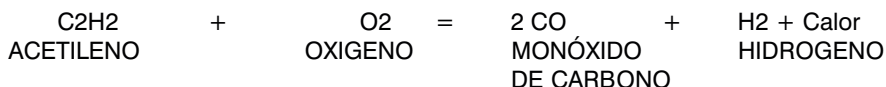
**ANTORCHA DE  
OXIACETILENO**

**FIG.8.3**  
**PROCESO DE  
SOLDADURA  
POR  
OXIACETILENO**

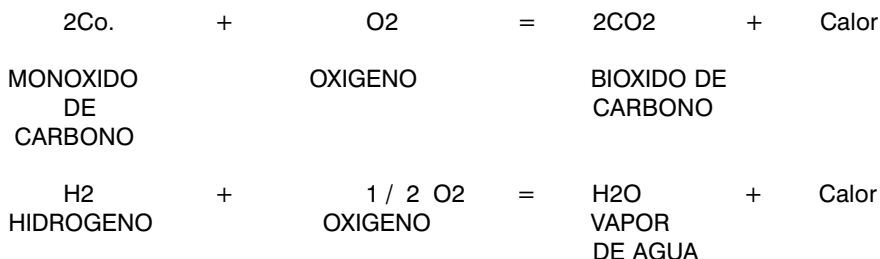


Como la mezcla de acetileno con oxígeno o aire es altamente explosiva, se debe tener precaución de no mezclar los gases en una forma incorrecta. Para prevenir lo anterior, las casas fabricantes de equipos de soldadura oxiacetilénica producen todas las uniones (racores, etc.) del sistema de alimentación de acetileno con roscas izquierdas mientras que las del sistema de alimentación del oxígeno las producen con roscas derechas.

La combustión del acetileno ocurre en dos (2) etapas, en la primera el oxígeno y el acetileno, provenientes de los tanques, reaccionan de la siguiente manera:

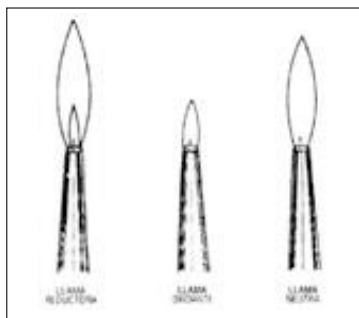


Esta reacción ocurre en el extremo de la boquilla de la antorcha, en la segunda etapa el monóxido de carbono (Co) y el hidrógeno (H<sub>2</sub>) resultantes se queman delante de la primera zona de combustión, reaccionando cada uno de la siguiente manera:



El oxígeno consumido en estas dos últimas reacciones se obtiene de la atmósfera.

El resultado de ésta combustión en dos (2) etapas, es una llama dividida en dos (2) zonas específicas. La temperatura máxima de 3.500°C aproximadamente, se presente en el extremo del cono interior en donde se completa la primera etapa de combustión (Fig.8.4), al soldar



**FIG. 8.4**

ésta zona de la llama, se debe orientar hacia el punto donde se está fundiendo el metal. La parte externa de la llama, resultado de la segunda etapa de combustión, se utiliza para precalentar y suministrar (al consumirse al oxígeno) de los alrededores) una atmósfera protectora contra la oxidación.

En el proceso oxiacetilénico, la soldadura se logra por fusión, o sea que los materiales por soldar se funden en la zona de unión. Como generalmente existe una pequeña separación entre las piezas que se están soldando, se debe adicionar material de relleno el cual generalmente viene en forma de varilla de alambre de composición química específica que se funde a un mismo tiempo como el material base.

Con este proceso de soldadura se pueden obtener uniones de buena calidad. La temperatura de trabajo se puede controlar fácilmente sin embargo como la fuente de calor es concentrada, origina el calentamiento de áreas considerables del trabajo con el consecuente peligro de distorsión.

Este proceso de soldadura se utiliza en trabajos de mantenimiento, donde su movilidad y flexibilidad traen como consecuencia un ahorro en tiempo y trabajo. Se utiliza en trabajos sobre lámina delgada como la fabricación de muebles metálicos, en trabajos de latonería, etc.

### **8.3 LA LLAMA OXIACETILENICA:**

La figura 8.2., muestra esquemáticamente una antorcha típica utilizadas en el proceso de soldadura oxiacetilénica. En ella se observa claramente dos válvulas de control, una para controlar el flujo de acetileno y la otra para controlar el flujo de oxígeno.

Con estas dos válvulas se pueden regular las cantidades de oxígeno y acetileno suministradas a la antorcha. Como resultado de esta regulación, se pueden obtener tres (3) tipos distintos de llamas oxiacetilénicas. Estas llamas son:

**LLAMA NEUTRA**  
**LLAMA REDUCTORA**  
**LLAMA OXIDANTE**

#### **8.3.1. Llama Neutra:**

El nombre de este ajuste de llama, se deriva del hecho de que el efecto químico de la llama sobre el metal fundido durante la soldadura, es neutro, cuando la llama es mantenida de la manera apropiada y con el cono interior sin tocar el metal fundido. La llama neutra es ajustada por lo tanto quemando una proporción de mezcla de uno a uno Oxígeno y Acetileno. El núcleo del color azul pálido de la llama es conocido como el cono interior. El Oxígeno requerido para la combustión del Monóxido de Carbono e Hidrógeno en la envoltura exterior de la llama, se obtiene del aire.

### 8.3.2 Llama Reductora. (Exceso de Acetileno):

Como el nombre lo indica, el ajuste de esta llama es uno en el cual existe un exceso de Acetileno sobre la proporción requerida para una llama neutra. Como una característica especial de la llama con exceso de Acetileno tiene una tercera zona entre sí entre el cono interior y la envoltura exterior, conocida como «Pluma» de exceso de Acetileno.

Esta «Pluma» contiene partículas de Carbón a altas temperaturas ((Temperatura Blanca), algunas de las cuales, durante la soldadura son disueltas por el metal fundido. Por ésta razón, este ajuste de llama es frecuentemente conocido como «Carburizante». Durante la soldadura, del hierro y el Acero, el exceso de Acetileno o llama carburizante tiende a remover el Oxígeno de los Oxidos de Hierro que pueden encontrarse presente, y este es el hecho por el cual esta llama es conocida también como «Reductora».

En estas condiciones debería tenerse en cuenta que los productos de la combustión del cono interior de la Llama Neutra, principalmente, Monóxido de Carbono e Hidrógeno, son por si mismos, agentes reductores y por lo tanto, Desoxidantes del Oxido de Hierro, de la misma manera, pero, no con la misma intensidad, que la llama con exceso de Acetileno.

### 8.3.3 Llama Oxidante (Exceso de Oxígeno)

En el tercer tipo de ajuste de llama la proporción de Oxígeno y Acetileno requerida para una Llama Neutra es cambiada para producir un exceso de Oxígeno, este tercer tipo de llama es más frecuente llamado «Oxidante» debido a su efecto sobre el metal fundido.

En otras palabras, en ésta llama existe más oxígeno entre los gases mezclados, que el requerido para una llama neutra que como se explicó antes, contiene una proporción

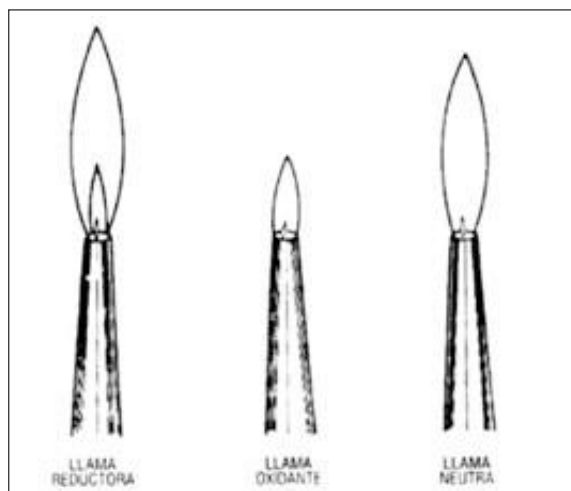


FIG. 8.5

de uno a uno, oxígeno y acetileno. La llama en ésta forma será más pequeña y más caliente que la de los otros dos ajustes de llama mencionados, debido a que los gases combustibles no tienen que extenderse tanto en la atmósfera para controlar la cantidad necesaria de oxígeno, ni calentar tanto gas inerte.

La Figura 8.5, muestra los tipos de llama descritas en los párrafos anteriores.

#### **8.4. FUNDENTES:**

En algunos casos la reacción de la llama oxiacetilénica con los óxidos del metal base, dificultan la fusión del metal de aportación y del metal base.

Lo anterior usualmente se presenta, cuando los óxidos de los metales tienen un punto de fusión mayor al del metal mismo; lo que hace que los óxidos no fluyan hacia la superficie del depósito y por lo tanto queden atrapados dentro del metal aportado o el metal base, una vez que estos se solidifiquen.

Se han descubierto ciertas sustancias que reaccionan químicamente con los óxidos de la mayoría de los metales, formando una escoria que se funde a las temperaturas utilizadas en el proceso, o sea en las necesarias para fundir tanto el metal base como el material de aportación.

Un buen fundente debe tener las siguientes características:

- a) Facilitar la remoción de los óxidos, generados durante el proceso, formando escorias fundibles que floten hacia la superficie del depósito sin interferir en el aporte y fusión de más metal.
- b) Proteger el baño de metal fundido de la acción perjudicial del oxígeno proveniente de la atmósfera (oxidación).
- c) Limpiar y proteger la superficie del metal base y del metal de aporte durante los períodos de precalentamiento y de fusión.

No se debe interpretar este punto, en el sentido de que el metal base y el de aporte puedan estar sucios antes de iniciarse el proceso.

En términos generales los metales y varillas de soldar que requieren el uso de fundentes son: Bronce, Hierro Fundido, Latón, Aceros Inoxidable y Aluminio.

Los fundentes se producen en forma de polvo, pasta o son superpuestas a todo el rededor de la varilla de aportación. El primero se aplica calentando el extremo de la varilla e introduciéndola dentro del fundente; éste, por el calor, se adhiere; la cantidad que lo hace es suficiente para operar correctamente tanto con el metal como con el metal de la porción de la varilla que se sumergió dentro del fundente.

Los fundentes que vienen en forma de pasta se esparcen con una brocha sobre el metal base, la varilla se sumerge dentro del fundente.



## 8.5. MATERIALES DE APORTACION:

Generalmente los materiales de aportación para el proceso de soldadura oxiacetilénica, se producen en forma de varilla desnuda de una longitud de 90 cms., aproximadamente en diámetros que varían desde 1.5 mm., hasta 6 mm.

El metal depositado, en la mayoría de los casos, debe tener propiedades químicas similares a las del metal base, razón por la cual existen gran variedad de varillas de diferente composición química.

**ELECTROMANUFACTURAS S.A.**, produce dos tipos de varillas a saber: «Velosol y Bronsol».

El Velosol cumple con las normas de la American Welding Society para la clase GA – 50, en los diámetros de 1.5 a 4.0 mm. Es la indicada para soldar láminas delgadas como muebles metálicos, latonería automotriz, etc., es apropiada en aceros de bajo y mediano contenido de carbono.

La llama para la soldadura del acero debe ser neutra y nunca debe utilizarse una llama oxidante, pues se forma óxido en la superficie del metal que interfiere la aplicación de la soldadura. Los óxidos funden fácilmente y pueden fundirse con la soldadura, lo cual da origen a debilidad en el cordón.

El empleo de una llama ligeramente reductora, ligero exceso de acetileno da lugar a soldaduras de mayor resistencia a la tracción, pero con pérdida de ductilidad.

El tamaño de la llama está regulado por el espesor y masa de la pieza. Mientras más rápidamente se ejecute una soldadura, más económica y mejor es, pero teniendo en cuenta que el tamaño de la llama no debe aumentarse excesivamente a costa de la calidad de la soldadura.

El Bronsol (Low Fuming), tiene insuperables propiedades mecánicas y por su característica «Low Fuming » no produce humos, reúne los más altos requerimientos de ductilidad, solidez y resistencia.

Es ampliamente usada para soldar acero, hierro gris o maleable, cobre y sus aleaciones.

Es de uso común en la reparación de bloques de motores, carcasas, bastidores de máquinas, engranajes y ruedas dentadas, también se utiliza como soldadura de revestimiento en hierro de fundición, hierro forjado, etc.

La llama para soldar con esta varilla de aporte, debe ser neutra cuando se trata de soldar cobre, bronce, hierro de fundición y aleaciones de níquel. En el caso de la soldadura de latón, la llama debe ser ligeramente oxidante. En general, el tamaño de la llama para la soldadura con bronce es igual a la empleada para soldar acero, teniendo

en cuenta el espesor y masa del material y la habilidad del operario. Debe emplearse un buen fundente para obtener facilidad de trabajo y buena calidad de soldadura.

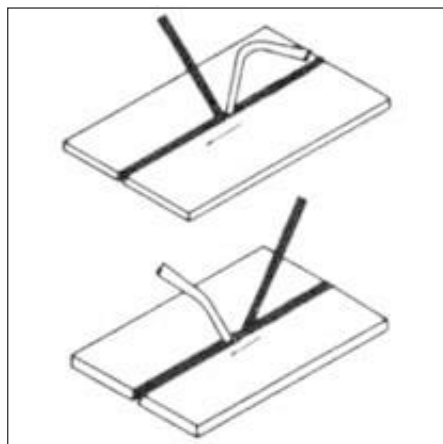
### **8.6. TECNICA DE LA SOLDADURA OXIACETILENICA:**

La boquilla o punta de la antorcha se puede orientar hacia delante en la misma dirección en que progresa la soldadura o hacia atrás enfrentándose con el metal recientemente depositado, la Figura 8.6, ilustra los dos procedimientos anteriores.

El primer procedimiento se utiliza al soldar materiales que tengan un espesor no mayor a  $1/8$ , para espesores mayores se recomienda la segunda técnica ya que con este procedimiento se facilita el control del baño de metal fundido y se incrementa la velocidad con la que se efectúa el depósito.

Tanto el metal base como la varilla de aporte se deben limpiar adecuadamente. La suciedad o oxidación causan depósitos de baja calidad y dificultan la labor del operario, los defectos resultantes de una deficiente limpieza son: fusión incompleta, inclusiones de escoria y depósitos porosos.

Al soldar materiales que tengan como máximo un espesor de  $3/16$  no hay necesidad de separar las piezas ya que la llama los alcanza a fundir completamente, con espesores mayores a  $3/16$  y menores a  $1/4$  se deben colocar las piezas ligeramente separadas para garantizar una fusión completa, con espesores mayores a  $1/4$  los bordes de las piezas se deben biselar.



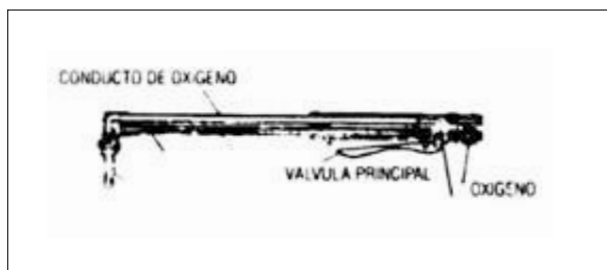
**FIG. 8.6**

### **8.7. CORTE OXIACETILENICO:**

El equipo oxiacetilénico suministra un método conveniente y flexible para cortar la mayoría de metales y es el que más se utiliza en la actualidad. Son comunes velocidades de corte de 75 cms., a 125 cms., por minuto.

El corte oxiacetilénico es un proceso de oxidación rápida a alta temperatura. La Figura 8.7, muestra un esquema de una antorcha de corte. El oxígeno y el acetileno se mezclan en una cámara especial, al encenderse esta mezcla la llama resultante suministra calor al metal aumentándole su temperatura hasta 1.600 ° F y mantiene el trabajo a esta temperatura a medida que el corte avanza. Cuando una pequeña porción del metal ha alcanzado la temperatura de ignición, se abre la válvula principal y un «Chorro» de oxígeno sale por el centro de la boquilla. El metal caliente se oxida rápidamente y los óxidos resultantes son desalojados por el flujo de los gases.

La antorcha de corte se puede operar manualmente o ser desplazada con métodos mecánicos a lo largo de un recorrido deseado.



**FIG.8.7**  
**ANTORCHA**  
**DE**  
**CORTE**

# **CAPITULO IX**

## **LOS RIESGOS DE LA SOLDADURA Y CONTROL**

## CAPITULO IX

### LOS RIESGOS DE LA SOLDADURA Y CONTROL

Aún cuando la experiencia ha enseñado que en el empleo de la soldadura, ya sea al arco eléctrico o autógena, los operarios están expuestos a múltiples riesgos que pueden afectar en mayor a menor gravedad su integridad física, se ha considerado que dos de los riesgos más importantes de controlar son los originados en las irradiaciones que producen los sólidos y los gases incandescentes así como los humos que en esa operación se desprenden.

#### 9.1 PROTECCIÓN DE LOS OJOS EN EL EMPLEO DE LA SOLDADURA ELECTRICA Y AUTOGENA.

Mucho se ha especulado sobre el peligro que representa para la vista la operación de soldar. Aún cuando dichos peligros son reales, un adecuado control y consciente sistema de prevención pueden neutralizar y eliminar los efectos perjudiciales de la mencionada operación.

Los rayos ultravioleta e infrarrojos pueden producir efectos nocivos (lo mismo que ciertos humos o gases) al menos que los ojos y la piel se protejan contra ellos en forma adecuada. Hace mucho tiempo el hombre aprendió que los rayos del sol eran nocivos a sus ojos y así él nunca miró directamente al sol descubierto. Las radiaciones deducidas por las fuentes de calor para la soldadura,son igualmente peligrosas para los ojos por las mismas razones.

Teniendo en cuenta el efecto irritante sobre los ojos producido por la brillante luz del sol, es fácil entender cómo la brillante llama del gas o el superbrillante al arco eléctrico de la soldadura pueden lesionar el ojo desprotegido.

Las radiaciones producidas por los sólidos intensamente calentados o los gases a temperaturas incandescentes producidos en las operaciones de soldadura y corte pueden clasificarse así:

- a) Rayos ultravioletas invisibles;
- b) Rayos de luz visibles; y
- c) Rayos infrarrojos invisibles.

No existe una línea clara de demarcación entre cada una de estas divisiones,pues ellas se confunden una dentro de la otra,como los colores del espectro visual.

Los rayos ultravioletas son capaces de causar inflamaciones muy severas en los ojos y partes adyacentes.Los rayos de luz visibles de intensidad extrema pueden causar fatiga visual y posiblemente pérdida de la visión temporal. Los rayos infrarrojos,como se mostrará más adelante, no son absorbidos pero penetran en el ojo humano y se estiman

que son capaces de causar efectos cumulativos que pueden conducir a lesiones de la retina u ocasionar cataratas, lo mismo que a la opacidad de la córnea y cámara acuosa. La intensidad de la radiación ultravioleta e infrarroja, está determinada por la temperatura de la fuente de calor de la soldadura. Consecuentemente, es mayor en el arco eléctrico que en la llama de gas. El medio que rodea la fuente de radiación también afecta la intensidad de la misma, según sea la radiación absorbida o reflejada.

### **9.1.1. El ojo y su estructura:**

Para obtener un mejor entendimiento de los problemas de la protección de los ojos, es necesario una breve descripción de la estructura del órgano y sus mecanismos de peligro potencial.

El ojo humano está dividido en dos cámaras, comúnmente conocidas como anterior o posterior. La cámara anterior incluye la conjuntiva, córnea, iris y cristalino.

La conjuntiva es la parte exterior de la estructura del globo del ojo. Es una membrana mucosa muy delgada, casi transparente, que cubre los lados del ojo hasta llegar en rededor de la córnea. Cuando la conjuntiva se inflama, el globo del ojo se enrojece y se experimentan sensaciones muy dolorosas, comunes en los operarios de soldadura.

En el centro del ojo está la córnea, la cual contiene cerca de su superficie numerosos nervios, capaces de registrar dolor, por medio de reflejos el ojo puede protegerse por sí mismo de materias extrañas, y es aquí, donde el ojo hace su primer esfuerzo importante para protegerse en forma automática de la radiación nociva.

Directamente detrás de la córnea hay un área conocida como el humor acuoso el cual es de composición y apariencia muy similar a la de las lágrimas y rápidamente puede recuperarse si se pierde por accidente o herida. Suspellido dentro del humor acuoso está un diafragma muscular, el iris, y el término pupila es comúnmente aplicado al área dentro de la abertura del diafragma del iris.

### **9.1.2 Cristalino y Retina:**

El cristalino del ojo está localizado inmediatamente detrás de la pupila y en la parte delantera de la cámara posterior. Es este lente el que enfoca los rayos de luz a un punto sobre la retina, donde las imágenes locales son recogidas por las fibras nerviosas y llevadas al cerebro.

El humor vítreo, que llena la cámara posterior, no posee el poder de rápida regeneración que tiene el humor acuoso. Si parte de él se pierde por accidente, el ojo quedará proporcionalmente lesionado.

La retina sobre la cual el cristalino enfoca los rayos de luz, es la que nos permite por sus características, ver en la oscuridad y discernir el movimiento, observar los detalles y diferenciar los colores. Finalmente, alrededor del globo del ojo y con excepción de la

córnea, hay una capa fibrosa relativamente fuerte, conocida como la esclerótica o parte blanca del mismo. La esclerótica actúa como una membrana protectora y mantiene la forma del globo del ojo. El croideo entre la esclerótica y la retina, contiene las arterias y venas para irrigación sanguínea y mantiene las temperaturas de las delicadas fibras nerviosas del ojo.

Como se mencionó anteriormente, las lesiones del ojo por las operaciones de soldadura, resultan de la intensidad de la radiación causada desde tres fuentes:

- a) Radiación invisible ultravioleta en un extremo del espectro;
- b) Rayos visibles de luz en la mitad del espectro; y
- c) Radiaciones infrarrojas invisibles desde el otro extremo del espectro. Estas fuentes en general, incluyen las tres principales divisiones del espectro.

### **9.1.2. Rayos Ultravioletas:**

La radiación ultravioleta es invisible y tiene una longitud de onda desde 400 milicroms (un milicroms es una millonésima parte de un milímetro) hasta 90 milicroms, en la parte de rayos «X» de radiación del espectro. Estos rayos son principalmente temibles no solamente porque son invisibles, sino porque el ser humano no tiene ningún órgano o sentido que pueda detectarlos y su existencia puede ser solamente determinada por sus efectos.

Toda la radiación ultravioleta con una longitud de onda inferior a 290 milimicroms, se absorbe en la atmósfera. Por tanto, en cuanto a lo que concierne a la protección del operario de soldadura, se consideran longitudes de onda sobre 290 milimicroms. La córnea absorbe todos los rayos hasta aquellos que tienen una longitud de 295 de onda. La radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 300 y 380 (y en algunos casos hasta 400 milimicroms en personas de edad) los absorbe el cristalino. La absorción de estos rayos de corta longitud de onda tiene una tendencia a hacer fluorescente el cristalino y hacerlo brillar en la oscuridad en una forma similar al efecto que ocurre en los ojos de los felinos, lo cual puede perturbar notoriamente la capacidad de visión. Por otra parte, los rayos ultravioletas afectan los ojos de una manera muy similar a las quemaduras producidas por el sol. Cualquiera de estas dos consecuencias es suficientemente seria para obligar al uso de lentes de absorción de rayos ultravioleta.

Cuando la presencia de los rayos ultravioleta es conocida, la protección contra ellos es relativamente fácil. El vidrio claro común y corriente de un moderado espesor, láminas de mica o láminas de celuloide de color y compuestos a base de gelatina son opacos a los rayos ultravioletas.

Cuando se trabaja con fuentes de luz que se consideran ricas en ultravioletas tales como el arco del hierro en las operaciones de soldadura, no es suficiente proteger los ojos con anteojos comunes. Estos rayos invisibles se reflejan en la misma forma que se refleja la luz visible y sus reflexiones pueden herir fácilmente los ojos al llegar a los mismos por el espacio desprotegido entre los anteojos y la piel. Por esta misma

razón una máscara manual para soldadura debe ser siempre mantenida lo más cerca de la cara.

### **9.1.3. Rayos Infrarrojos:**

Estos rayos tienen una longitud de onda que varía entre los 750 y los 2.000 milimicrons. Los rayos infrarrojos son frecuentemente llamados rayos caloríficos porque ellos se absorben y se convierten en calor cuando encuentran cualquier material que no pueden penetrar es decir, que sea opaco para ellos. Estos rayos son los mismos que producen la sensación de calor sobre la piel, y de la exposición prolongada a sus radiaciones resultará una quemadura idéntica a la producida por la exposición a los rayos solares.

Algunas autoridades médicas opinan que la absorción por el ojo de radiaciones infrarrojas, es solo 6 a 9% en la línea divisoria entre el rojo visible y el infrarrojo. Así, el 91 al 94% de toda la radiación llevada por longitudes de onda de 760 milimicrons alcanza la retina.

El iris, debido a su opacidad, absorbe la mayor parte de todas estas radiaciones. La absorción por el iris de infrarrojo es aproximadamente de 75 a 80% de todas las longitudes de onda entre 750 y 1.3000 milimicrons.

La cantidad de radiación que incide sobre el iris es la misma que incide sobre la pupila y a través del cristalino. Este sin embargo, absorbe solamente 12% de radiación de una longitud de onda entre 750 y 1.300 milimicrons. Consecuentemente, los efectos de estos rayos sobre el ojo desprotegido pueden causar quemaduras muy serias, lo que hace necesario adoptar una protección adecuada y cuidadosa.

Aunque estos rayos son absorbidos hasta un cierto punto por lentes de color o filtros comunes, ellos no constituyen protección suficiente contra una fuente intensa de radiación como la del arco eléctrico. Afortunadamente, hay varias clases de vidrios que, aunque relativamente transparente a la luz visible, tienen excelente poder de absorción de los rayos caloríficos.

### **9.1.5 Radiación Visible:**

Es un hecho bien conocido que el ojo normal muestra aberraciones cromáticas considerables hacia los extremos rojo y violeta del espectro. Esta dificultad se corrige completamente dentro del margen de los colores intermedios, y por lo tanto, puede concluirse que se obtiene una mejor definición de un objeto por medio de una combinación de luz amarilla y verde que por medio de luz roja, o en especial, por medio de luz azul o violeta. El ojo es también más sensible a los rayos amarillos y verdes de lo que es a los rayos rojos y azules. Por esta razón, la luz amarillo-verdosa, posee la más alta eficiencia lumínica.

Obviamente, la selección del color más apropiado para un lente de soldadura debe ser determinado por un experto para obtener la mayor definición y claridad de visión con la



cantidad mínima de reflejos, pero la profundidad del tono puede ser determinada por el operario mismo dentro de las diferencias individuales de agudeza visual.

Los lentes absorbentes que eliminan una cantidad considerable de radiación ultravioleta e infrarroja, eliminan también lo que podría llamarse la parte nociva de las radiaciones totales. Al mismo tiempo que estos lentes reducen la iluminación útil a un 60% de la cantidad original, la relación entre la parte útil de la radiación total y la parte nociva o perjudicial de la misma, es modificada en tal forma que produce una mejor agudeza visual. La razón para lo anterior es que la pupila se dilata a un más bajo nivel de iluminación y por lo tanto, admitirá mayor cantidad de luz. El aumento del diámetro de la pupila disminuye la difracción y aumenta la habilidad de distinguir los objetos.

De lo anterior se concluye que en las operaciones de soldadura los ojos deben ser adecuadamente protegidos de las radiaciones invisibles ultravioletas e infrarroja, y para confort de los mismos deben protegerse también contra la radiación visible de los extremos del espectro. Todas estas medidas protectoras se obtienen con los lentes adecuados los cuales deben, además, cumplir con rigurosas especificaciones de distintos standars y códigos.

#### **9.1.6. Normas y Especificaciones:**

El National Bureau Standard de los Estados Unidos ha desarrollado especificaciones que requieren que la densidad de los lentes sea designada por distintos números de tono. A los valores de transmisión de energía radiante, infrarroja, ultravioleta y luz visible, se les requiere conformar con limitaciones específicas. El lente debe ser uniforme sobre todo su superficie, hasta dentro de un 10% de su parte más densa (la densidad se mide mediante la capacidad de transmisión de luz incidente). Estos lentes deben, además poseer una transparencia máxima entre 525 y 600 milimicrons con una absorción gradual y aumentativa hacia cada lado, y su tonalidad dominante es la del verde amarilloso.

### **RECOMENDACIONES PARA TONALIDAD DE LOS LENTES USADOS EN SOLDADURA Y CORTE**

<b>APLICACIÓN</b>	<b>TONALIDAD LENTE No.</b>
Soldadura a baja temperatura o soldadura de plomo	4
Soldadura de Punto	5 (min.)
Soldadura por Gas	5 (min.)
Corte por Gas	5 (min.)
Soldadura Oxiacetileno	6 (min.)
Corte Oxiacetileno	6 (min.)
Soldadura al Arco hasta 30 Amps.	6 (min.)
Soldadura o Corte al Arco 75 a 200 Amperios	10 (min.)
Soldadura o Corte al Arco 200 a 400 Amperios	12 (min.)
Soldadura o Corte al Arco sobre 400 Amperios	14 (min.)

Los lentes son a veces defectuosos y deben ser cuidadosamente examinados contra defectos que puedan causar incomodidades. Deben ser examinados especialmente en cuanto a porosidad o burbujas que puedan permitir el paso de luz de alta densidad, ya que tales defectos causarán que el ojo del operario se esfuerce involuntariamente hacia la fuente de luz, pues de ello resulta una inseguridad eventual. Se encuentra que algunos lentes tienen absorción de diferentes bandas en la porción naranja amarillo del espectro y algunos otros tienen otra falla común, que es la de permitir la transmisión de ultravioleta e infrarroja.

Finalmente, y a título informativo, de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas, uno de los lentes más utilizados en soldadura eléctrica tendría las siguientes especificaciones:

- 1) Número de tonalidad: 10
- 2) Porcentaje de variación permisible: Máximo 0.0229, estándar 0.0139, mínimo 0.0087.
- 3) Porcentaje total de infrarrojo: 0.6
- 4) Porcentaje total de ultravioleta: 0.1.

Los anteriores serían los valores de transmisión permisible para ese número de tonalidad y para la protección adecuada de los ojos de un operario de soldadura eléctrica. La transmisión visible está basada sobre el porcentaje de radiaciones visibles de una lámpara de doscientos vatios, 115 voltios, filamento de tungsteno dentro de una atmósfera de gas, determinados en forma fotométrica.

#### **9.1.7. Lentes Protectores de revestimientos metálicos:**

Recientemente se han hecho ensayos reemplazando la tonalidad verde amarillosa de los lentes por una delgada película metálica. Investigadores científicos, han determinado que esa película de menos de una longitud de onda de espesor, aunque tiene un valor declinante, para los rayos ultravioleta, refleja un alto porcentaje de radiación infrarroja y permite, al mismo tiempo, el paso a través de lente de la luz visible. Tal fenómeno hace los revestimientos metálicos idealmente adaptables a las condiciones requeridas para un lente protector de soldadura al arco.

Un lente de este tipo puede ser producido mediante el depósito cuidadoso de una delicada película de plata, sobre un vidrio de características apropiadas con respecto a las radiaciones ultravioletas y de luz visible. La plata posee el más alto valor reflectivo del infrarrojo y varía entre 95% y 7000 milimicrons y 99% a 4.000 milimicrons. Cuando la película metálica se combina con las variaciones adecuadas en el color de los vidrios la gama total de tonalidades standard exigidas por la Oficina Nacional de Normas, de los Estados Unidos puede ser obtenida.

Se han establecido recomendaciones en cuanto a la tonalidad entre los lentes que deben ser usados para las distintas operaciones de soldadura. Estas tonalidades varían desde el número cinco para operaciones de soldadura con gas, hasta el número 14 para operaciones de soldadura y corte con arco eléctrico a 400 amperios o más. Así un lente

de tonalidad número 10 sería recomendable para operaciones de soldadura al arco entre 75 y 200 amperios y un lente de tonalidad número 12 sería recomendable para las mismas operaciones entre 200 y 400 amperios.

Solamente sería necesario usar anteojos para operaciones ligeras de soldadura o corte con arco o con gas. Para operaciones pesadas que requieran un número ocho de tonalidad, soldadura al arco sobre 75 amperios, es recomendado que el operario utilice una máscara que proteja su cara y cuello de la radiación.

#### **9.1.8. Pantallas y cabinas de soldadura:**

Adicionalmente a la protección del operario, debe recordarse que en la mayoría de los casos hay otros trabajadores en la planta que pueden estar indirecta o temporalmente expuestos a la energía radiante nociva. Estos deben ser también protegidos mediante el aislamiento de las operaciones de soldadura con pantallas. Una cabina, naturalmente, es la mejor manera de eliminar los rayos del arco para el resto de los hombres desprotegidos que trabajan dentro de la misma área. Frecuentemente, sin embargo, el trabajo es de tal naturaleza que solo pueden usarse pantallas.

Al pintar el interior de una cabina para soldadura eléctrica debe tenerse cuidado de no utilizar pinturas que puedan reflejar los rayos del arco y sometan al operario a los efectos de la radiación refleja. Solamente pinturas que absorban los rayos peligrosos deben ser utilizadas en el interior de las cabinas y en todos los equipos dentro de la misma. Tal pintura puede prepararse simplemente mezclando óxido de zinc, aceite y trementina y adicionar la cantidad de colorante negro necesario para obtener la oscuridad del tono deseado.

#### **9.1.9. Efectos y enfermedades típicas:**

A pesar de todas las precauciones, irritaciones de los ojos, se experimentan con frecuencia y como caso curioso, más regularmente entre las personas que trabajan cercanas a las áreas de soldadura que entre los soldadores mismos.

El síntoma típico de la irritación de los ojos por exposición al arco es el dolor agudo bajo los párpados y la sensación denominada entre este tipo de personal, como «arena entre los ojos». Estos síntomas usualmente se desarrollan algunas horas después de la exposición, lo cual quiere decir que frecuentemente aparecen después de que el trabajador ha salido de la planta, algunas veces tarde en la noche, y en lugares sin asistencia médica disponible. Como protección a lo anterior, debe tenerse especial cuidado de aislar las operaciones de soldadura del resto del personal de planta o taller por medio de pantallas o cabinas antes descritas, o de otra manera, protegiendo a ese personal con anteojos adecuados.

Los efectos perjudiciales de las radiaciones ultravioleta e infrarroja sobre los ojos de los individuos que trabajan cerca al soldador son naturalmente los mismos que ocurren sobre los ojos del operario, aunque minimizados en severidad de acuerdo **al cuadro de**

**la distancia.** Los rayos nocivos de luz siguen la misma ley del cuadrado inverso que gobierna la intensidad de la radiación visible a una distancia dada de su fuente. Así, la intensidad de la radiación a una distancia de 10 pies de un soldador, es de aproximadamente un centésimo de la radiación a la cual el operario está siendo expuesto a la soldadura.

Las opiniones difieren en cuanto a qué distancia de la soldadura debe estar una persona para ser inmune a los efectos de la radiación del arco. La distancia de inmunidad varía entre otros factores, en sí la operación de soldadura se desarrolló al aire libre o en un ambiente cerrado. Cuando la operación se desarrolla al aire libre es generalmente aceptado que una persona a 30 pies de distancia del arco no experimentará ningún problema en sus ojos aún permaneciendo en el sitio por largos periodos. Dentro de un ambiente, se recomienda generalmente que todas las personas que estén trabajando dentro de un radio de 75 a 100 pies de la operación de soldadura, deben tener sus ojos protegidos con anteojos de una tonalidad de número 4 ó 5.

Ordinariamente, de estas irritaciones a los ojos no resultan efectos permanentes posteriores. Sin embargo, ha habido casos de infecciones serias causadas por tratamientos con remedios caseros, y que eventualmente, han resultado en la pérdida total de la vista. Debido a que los síntomas frecuentemente se desarrollan después de horas de la exposición y cuando es difícil obtener atención médica, el tratamiento más indicado, como primeros auxilios, debe ser conocido y enseñado a cada trabajador. El tratamiento es completamente simple y consiste en una solución al 10% de Argirol, ligeros vendajes o anteojos puros. Es muy importante además, el total descanso del ojo irritado, y naturalmente, la consulta del especialista a la primera oportunidad.

En otoño de 1942, en los Astilleros de la Costa Pacífica, E.E.U.U., se experimentó una enfermedad a la cual se le dio el nombre de «enfermedad de ojos de soldador», debido a que primero apareció entre los soldadores de los Astilleros de esa zona. Esta enfermedad sin embargo, es con toda probabilidad causada por un virus y no tiene nada que ver con la operación de soldadura en sí. La enfermedad fue aparentemente traída a la Costa Oeste desde Hawái y ha venido extendiéndose hacia el Este de los Estados Unidos.

Esta curiosa enfermedad tiene una curación de varias semanas hasta 6 meses y el promedio de pérdida de tiempo en el trabajo por su causa, ha sido estimado de 18 días. Usualmente la enfermedad afecta solamente uno de los ojos y no es necesariamente seria.

Sin embargo, hasta el momento no se ha encontrado ningún tratamiento adecuado y como norma general se recomienda el estricto aislamiento de las víctimas para evitar el contagio que, como característica de la enfermedad es rápido e inmediato.

### **9.1.10 Conclusiones:**

A pesar de los distintos riesgos aparentemente inmediatos para perjudicar los ojos de los soldadores, en realidad el daño resultante es muy poco. Por medio del desarrollo de

lentes protectores adecuados, la ciencia moderna ha eliminado cualquier peligro que pueda ser ingerente de esta ocupación. Autoridades médicas han investigado los efectos de la soldadura sobre los ojos y han sido incapaces de encontrar ninguna indicación de deteriorización visual u otro perjuicio ocular que pudiera ocurrir como resultado del trabajo o profesión del operario de soldadura. Exámenes oculares periódicos hechos por organizaciones que emplean alto número de soldadores tienen a confirmar este hecho. Es sin embargo, de extrema importancia que todos los métodos de protección desarrollados sean utilizados y nunca se menosprecien.

## **9.2 . VAPORES Y HUMOS RESULTANTES DE LA SOLDADURA**

Todas las operaciones de soldadura por gas y arco eléctrico, producen una determinada cantidad de humos y contaminación atmosférica. En la mayoría de los casos estos humos son inofensivos.

Ha habido casos en los que operarios de soldadura trabajando dentro de tanques, tubos, túneles y otros espacios confinados y pobremente ventilados han sucumbido. En algunos de estos casos, los humos han sido acusados como responsables, cuando la causa real fue simplemente la de privación de aire puro respirable. El efecto habría sido el mismo si estos hombres hubieran tratado de trabajar dentro de un ambiente pobremente ventilado con una hoguera de leños en vez de un arco eléctrico para quemar el oxígeno, y desarrollar humo. Por esta razón, es aconsejable proveer los medios para la remoción de los humos y gases resultantes de la soldadura.

Cuando se suelda en campo abierto o en plantas grandes y bien ventiladas, los humos del arco de la soldadura son escasamente detectables. Su olor es suave y no hay nada de ofensivo en ellos, excepto que en concentraciones anormalmente pesadas, reduce la cantidad de aire fresco tomada dentro de los pulmones causando distintas molestias y efectos similares a los encontrados en ambientes polvorientos. El remedio es muy simple, pues es solo cuestión de proveer ventilación más adecuada.

Hay algunas excepciones importantes a la afirmación general de que los humos provenientes de la soldadura son inofensivos. Los humos producidos por el plomo y el cadmio son peligrosos. Aunque también en un menor grado, los humos que provienen del zinc al soldar acero galvanizado.

### **9.2.1. Resfriados y Tuberculosis:**

Frecuentemente se pregunta si los humos producidos por la soldadura al arco, tienden a agravar los resfriados. A este respecto puede decirse que no existe la más mínima evidencia. Al contrario, distintos estudios adelantados en este sentido, por el doctor J.A. Britton del Departamento de Medicina Industrial de la Universidad del Noroeste (Estados Unidos) indican que varios trabajadores han reportado que su resistencia al resfriado ha aumentado después de haber tomado la ocupación de soldadores.

Por otra parte, los pulmones de los soldadores no parecen ser más susceptibles a la tuberculosis que los del resto de los trabajadores de la industria metal-mecánica. Aún más la exposición a concentraciones excesivas de humos provenientes de la soldadura parecen no afectar en ningún sentido o tener algún efecto sobre estados nuevos o antiguos de tuberculosis.

### **9.2.2. Silicosis:**

La silicosis es una enfermedad respiratoria encontrada frecuentemente en operaciones mineras y bajo condiciones y ambientes de alta concentración de fondo. En estas minas, los mineros se obligan a usar máscaras respiratorias y no hay razón alguna para creer que los operarios de soldadura eléctrica deben usar tales máscaras, aunque se utilicen silicatos dentro de los revestimientos de los electrodos. Distintas investigaciones han demostrado que la silicosis y otras enfermedades relacionadas y resultantes del polvo no han sido adquiridas por exposiciones al polvo de silicio incidente en la soldadura al arco y no tienen por qué ser consideradas como factores posibles en la industria de la soldadura. La cantidad de silicio aún relativamente, a altas concentraciones, ha sido encontrada muy por debajo de los niveles tóxicos.

### **9.2.3. Humos del Hierro:**

El óxido del hierro en forma de polvo fijo, es uno de los constituyentes naturales de los humos de la soldadura, cuando se suelda hierro o acero. Este humo no es nocivo. La deposición de óxido de hierro en los pulmones no parece ocurrir en un grado apreciable al menos, que el trabajo sea efectuado en sitio exageradamente encerrado que cause concentraciones masivas de partículas de hierro en los humos. Aún cuando en distintos ensayos las cantidades de humos de hierro producidas por los electrodos, fueren tan grandes que llegaron a ser incómodas, no hubo indicación o evidencia de que estos humos resultaren específicamente nocivos o tóxicos.

Cuando las partículas de óxido de hierro son menores que medio microm de diámetro, las concentraciones pueden llegar hasta 2 ó 3 millones de partículas por pie cúbico sin producir efectos dañinos. Esta situación es, sin embargo, prácticamente imposible de encontrar en la soldadura eléctrica.

### **9.2.4. Oxígeno y Ozono:**

El arco eléctrico se asemeja al fuego que consume oxígeno mediante acciones químicas para producir óxidos de varios minerales o gases, tales como bióxido de carbono. La cantidad de oxígeno así consumida, no es suficientemente grande para constituir un riesgo o peligro aún cuando la soldadura se desarrolle dentro de un espacio pequeño y reducido.

Tres investigadores efectuaron estudios en los cuales la rata de electrodos consumidos fue mucho más alta que la normal y la operación se desarrolló dentro de una cámara

comparativamente pequeña de 1.000 pies cúbicos, con un cambio de aire por hora. Los tres investigadores fueron incapaces de detectar ningún síntoma de deficiencia de oxígeno.

Debido a la acción del arco eléctrico, una porción del oxígeno del aire, se convierte en una sustancia gaseosa ligeramente azul de un olor «eléctrico peculiar». Esta sustancia es ozono, una forma alotrópica del oxígeno que tiene la fórmula química de  $O_3$  y es una y media veces más denso que el oxígeno común. Mientras que en algunas autoridades aseguran que el ozono puede ser nocivo si es respirado en cantidades excesivas, es extremadamente dudoso que el ozono sea más que un riesgo técnico dentro de la operación de soldadura.

Inmediato al arco, el ozono presente varía entre 10 y 32 partes por millón. A una distancia de solo cuatro pulgadas del arco, el contenido del ozono de la atmósfera ha bajado de una a 9 partes por millón. La cantidad de ozono en el aire como resultado de la operación de soldadura, se reduce a un porcentaje infinitesimal a medida que la distancia del arco continúa aumentando.

Los experimentadores de los ensayos anteriores y otros ensayos similares no pudieron determinar ni la más ligera evidencia perjudicial resultante del ozono.

#### **9.2.5 Monóxido de carbono:**

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que no produce ninguna indicación de su presencia y causa la muerte al unirse químicamente con la hemoglobina en la sangre excluyendo el oxígeno de los tejidos. El monóxido de carbono es peligroso aún en cantidades mínimas. Una atmósfera que contenga solamente dos partes de monóxido de carbono por mil puede causar la muerte, si llegare a respirarse durante 4 horas.

Todo el mundo conoce los peligros atribuidos al monóxido de carbono, especialmente en actividades relativas a la mecánica automovilística. Pero es el monóxido de carbono un peligro o amenaza reconocido o en conexión a la operación de soldadura eléctrica?. No, no lo es.

El contenido de monóxido de carbono de los humos de la soldadura es tan bajo que es extremadamente difícil, si no imposible, de detectar. Si el monóxido de carbono está presente en la operación de soldadura, está presente en concentraciones demasiado pequeñas para ser seriamente consideradas como factor patológico.

#### **9.2.6 Humo del Zinc:**

Los vapores del zinc encontrados en la soldadura del hierro galvanizado no son tan peligrosos como generalmente se cree. Prácticamente su efecto total sobre el soldador es producir un ataque de la enfermedad conocida como «fiebre de vapor metálico». Es esta enfermedad desagradable pero no especialmente seria. Un ataque no dura más de 24 horas y la enfermedad no tiene efectos posteriores o complicaciones conocidas. Se

dice que las víctimas rápidamente desarrollarán una inmunidad, la cual les permitirá cada vez exposiciones más continuas a los humos del zinc sin efectos. Aunque tan inmunidad puede desarrollarse, la inhalación de los humos del zinc debe ser evitada, y la inmunidad a que algunas personas se han referido puede perderse en el lapso de algunos días entre exposiciones, con la posible reocurrencia de las fiebres.

Algunos soldadores, debido a su estado físico, no desarrollarán inmunidades de ninguna clase y por lo tanto experimentarán las fiebres del zinc cada vez que se expongan a los humos generados por este metal. Estos hombres deben ser obligados a utilizar equipo respiratorio adecuado en el caso de que aquellos tengan necesariamente que soldar materiales portadores de zinc. Cuando un material galvanizado debe ser soldado de espacios limitados o confinados debe tenerse la especial precaución de proveer la ventilación adecuada para evitar las excesivas concentraciones de los humos de zinc.

### **9.2.7 Cadmio – Plomo:**

Los humos de cadmio que pueden producir una irritación pulmonar y además similares a los resultantes de la inhalación de óxidos nítricos, constituyen un riesgo a la salud mucho más serio que los humos de zinc. El cadmio es hoy en día usado con frecuencia en forma de laminación protectora a la corrosión del acero, y es también utilizado como elemento dentro de algunas aleaciones. Cuando se sueldan materiales portadores de cadmio, es definitivamente obligante y esencial un buen sistema de ventilación y para protección completa, es deseable que se utilicen máscaras con inyección independiente de aire.

Los humos portadores del plomo son aún más peligrosos que los del cadmio, pero los materiales portadores afortunadamente, no son frecuentemente encontrados en las operaciones de soldadura y solo son comunes en las soldaduras a baja temperatura, por gas, donde también son aconsejables las condiciones de ventilación extrema.

### **9.2.8 Manganeso:**

Es este otro elemento que debe ser mencionado como causante posible de efectos perjudiciales a la salud si llega a ser respirado en forma de vapor. Algunas autoridades creen que los humos del manganeso afectan el sistema nervioso, si llegan a ser respirados por períodos prolongados de tiempo y en concentraciones relativamente altas. Von Haam y Groon no pudieron encontrar ninguna evidencia de efectos del manganeso en sus animales experimentales y así lo aclaran en su tratado «La Patología de la Soldadura Eléctrica al Arco» y en distintos artículos suyos publicados en el diario de Higiene Industrial y Toxicología. En distinta literatura médica de origen escandinavo, se informa que los humos que contienen un alto porcentaje de manganeso podrían predisponer los individuos a la neumonía. Esto, no ha sido confirmado con relación a la profesión de operario soldador.

No obstante, por la diferencia de opiniones existente en los distintos medios y sobre este mismo problema, ha sido práctica generalmente aceptada, el proteger a los operarios de soldadura eléctrica sobre aceros o materiales portadores de manganeso mediante



sistemas adecuados de ventilación cuando las operaciones se realizan de ambientes o medios encerrados.

### **9.2.9 Sumario**

Bajo condiciones normales de trabajo, los humos de la mayoría de las operaciones de la soldadura al arco no son nocivos. Deben evitarse, sin embargo, altas concentraciones de humos, pero tales concentraciones, como regla general, pueden ocurrir solamente cuando la soldadura se realiza en espacios confinados o reducidos. La ventilación se realiza dentro de los espacios restringidos, particularmente en el interior de tanques, calderas, tuberías, túneles, etc. Además, es necesaria la ventilación artificial si se trata de materiales portadores de zinc, plomo, o cadmio.

# INDICE

	PAG.
<b>PROLOGO</b>	7
<b>Capitulo I</b>	
<b>GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE SOLDAR</b>	
DIFERENTES PROCESOS DE SOLDAR	10
1.1.1 SOLDADURA POR FORJA	10
1.1.2 SOLDADURA POR FRICCIÓN	10
1.1.3 SOLDADURA OXIACETILÉNICA	12
1.1.4 SOLDADURA POR ALUMINOTERMIA	13
1.1.5 SOLDADURA POR RESISTENCIA	13
1.1.5.1.1 SOLDADURA DE PUNTO	15
1.1.5.1.2 SOLDADURA POR RESALTE	15
1.1.5.1.3 SOLDADURA POR COSTURA	15
1.1.6 SOLDADURA BAJO FLUJO CONDUCTOR	16
1.1.7 SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO	17
1.1.7.1 SOLDADURA CON ELECTRODO DE CARBON	17
1.1.7.2 ELECTRODO DE TUNGSTENO PROTEGIDO POR GAS INERTE: (TIG)	17
1.1.7.3 ELECTRODO METALICO PROTEGIDO POR GAS INERTE: (MIG)	18
1.1.7.4 SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	18
1.1.7.5 SOLDADURA POR ESPARRAGO	19
1.1.7.6 SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO	21
LA SOLDADURA COMPARADA EN OTROS PROCESOS DE MANUFACTURAS	21
1.2.1 SOLDADURA COMPARADA CON EL REMACHADO	21
1.2.2 SOLDADURA COMPARADA CON LA FUNDICION	22
1.2.3 SOLDADURA COMPARADA CON EL MECANIZADO	22
<b>Capitulo II</b>	
<b>GENERALIDADES DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO.</b>	
2.1 DEFINICION	26
2.2 MAQUINA DE SOLDAR Y ARCO ELECTRICO	26
2.2.1 MAQUINAS DE SOLDAR	29
2.2.2 ARCO ELECTRICO	32
2.3 ELECTRODO REVESTIDO	32
2.3.1 EL NUCLEO O ALMA	33
2.3.2 EL REVESTIMIENTO	33
2.3.2.1 GRUPO ELECTRICO	34
2.3.2.2 GRUPO METALURGICO	34

2.3.2.3	GRUPO FISICO	34
2.3.3	EXTREMO DE ARCO Y EXTREMO PORTA-ELECTRODO	35
2.4	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	35

### **Capítulo III**

#### **POSICIONES DE LA SOLDADURA, PREPARACION DE LAS PIEZAS POR SOLDAR Y REPRESENTACION SIMBOLICA**

3.1	POSICIONES DE LA SOLDADURA	38
3.1.1	POSICION PLANA	38
3.1.2	POSICION VERTICAL	39
3.1.3	POSICION HORIZONTAL	39
3.1.4	POSICION SOBRECABEZA	40
3.2.	PREPARACION DE LAS PIEZAS POR SOLDAR	40
3.2.1	SELECCIÓN DE LA FORMA DE UNION	41
3.2.2	DISEÑO DE LA JUNTA	43
3.2.2.1	JUNTAS CON BISEL O CHAFLAN	44
3.2.2.2	ENSAMBLE EN FILETE	68
3.2.2.3	ENSAMBLE – COMBINADO	73
3.3	REPRESENTACION SIMBOLICA	73
3.3.1	INSTRUCCIONES GENERALES	74

### **Capítulo IV**

#### **CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL ACERO**

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL ACERO	88
CLASIFICACION DE ACEROS AL CARBONO	91
ACEROS DE BAJA ALEACION	93
CLASIFICACION DE LOS ACEROS CON BAJO CONTENIDO DE ALEACION	95
ACEROS DE ALTA ALEACION	97
SEGREGACION DE CARBUROS	98

### **Capítulo V**

#### **ELECTRODOS REVESTIDOS**

ELECTRODOS REVESTID	102
1. ALTA CELULOSA Y SODIO	104
2. ALTA CELULOSA POTASIO	104
3. ALTO OXIDO DE TITANIO Y SODIO	105
4. ALTO OXIDO DE TITANIO Y POTASIO	105
5. ALTO OXIDO DE HIERRO	105
6. POLVO DE HIERRO, OXIDO DE HIERRO	105
7. OXIDO DE TITANIO, POLVO DE HIERRO	105

ELECTRODOS DE BAJO HIDROGENO	107
8. BAJO HIDROGENO, SODIO	108
9. BAJO HIDROGENO POTASIO	111
10. POLVO DE HIERRO BAJO HIDROGENO	111
ELECTRODOS DE BAJA ALEACION	111
ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE	112
SOLDABILIDAD	114
REVESTIMIENTOS DUROS	122
LA FAMILIA DE LAS FUNDICIONES	123
DEFINICIONES	124
DIFERENCIAS ENTRE FUNDICION BLANCA Y GRIS	124
PROCESOS PARA SOLDAR MAS USUALES	125
1. ARCO ELECTRICO	125
2. OXIACETILENO	126

## Capítulo VI

### TECNICAS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA

	TÉCNICAS SOBRE LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA	
	POR ARCO CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO	128
6.1	CÓMO ENCENDER EL ARCO	128
6.1.1	RASTRILLANDO	128
6.1.2	GOLPEANDO	128
6.2	QUE ES Y COMO DEPOSITAR UN CORDON DE SOLDADURA	129
6.3	DETERMINACION DEL AMPERAJE REQUERIDO PARA SOLDAR	131
6.4	RELLENO DE UN CRATER AL FINAL DE UN CORDON	133
6.5	CÓMO REANUDAR UN CORDON	134
6.6	DIFERENTES MOVIMIENTOS DEL ELECTRODO AL DEPOSITAR UN CORDON	134
6.7	APLICACIÓN DE VARIAS CAPAS DE SOLDADURA	136
6.8	SOLDADURA EN POSICION PLANA	138
6.9	SOLDADURA EN POSICIÓN HORIZONTAL	140
6.10	SOLDADURA EN POSICION VERTICAL	142
6.10.1	POSICION VERTICAL BAJANDO	142
6.10.2	POSICION VERTICAL SUBIENDO	143
6.11	SOLDADURA EN POSICION SOBRECABEZA	145
6.12	DISTORSION EN LOS METALES DEBIDO AL CALOR DE LA SOLDADURA	148
6.13	INSPECCION DE LA SOLDADURA	150
6.13.1	DISCREPANCIAS DIMENSIONALES Y DE APARIENCIA	150
6.13.1.1	DISTORSION	150
6.13.1.2	PREPARACION INCORRECTA DE JUNTA	150
6.13.1.3	DESAJUSTE	150
6.13.1.4	TAMAÑO DE LA SOLDADURA	152
6.13.1.5	PERFIL DE LA SOLDADURA	152

6.13.1.6	SALPICADURAS	152
6.13.1.7	APARIENCIA	152
6.13.2	DISCONTINUIDADES ESTRUCTURALES	153
6.13.2.1	POROSIDADES	153
6.13.2.2	INCLUSIONES DE ESCORIA	154
6.13.2.3	FUSION INCOMPLETA	154
6.13.2.4	MALA PENETRACION	154
6.13.2.5	SOCAVACION	155
6.13.2.6	GRIETAS	156
6.13.2.6.1	TRES TIPOS DE GRIETAS EN EL METAL APORTADO	156
6.13.2.6.2	SE PUEDEN PRESENTAR DOS TIPOS DE GRIETAS EN EL METAL BASE Y GENERALMENTE SE ORIGINAN EN LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR	157
6.13.3	PROPIEDADES DEFECTIVAS	158
6.13.4	SOPLO MAGNETICO	159
6.13.5	INSPECCION ANTES DE SOLDAR	160
6.13.6	INSPECCION DURANTE EL PROCESO DE SOLDAR	160
6.13.7	INSPECCION DESPUES DE SOLDAR	161
6.14	NORMAS DE SEGURIDAD	162
6.15	CONSEJOS PRACTICOS PARA AHORRAR COSTOS AL SOLDAR CON ELECTRODO MANUAL REVESTIDO	164
6.16	FACTORES FUNDAMENTALES PARA OBTENER UNA BUENA SOLDADURA	165
6.17	RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS ELECTRODOS «WEST ARCO»	166
6.18	TABLA DE CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO, MANTENCIÓN Y REACONDICIONAMIENTO	168
6.19	PRECAUCIONES	168
6.20	ELECTRODOS DE BAJO CONTENIDO DE HIDROGENO	169

## Capítulo VII

### SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

7.1	DEFINICION	174
7.2	PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	175
7.3	EQUIPOS NECESARIOS	176
7.3.1	FUENTES DE PODER	177
7.4	ELECTRODOS Y FUNDENTES	178
7.4.1	ELECTRODOS	178
7.4.2	FUNDENTES	178
7.5	VARIABLES MAS IMPORTANTES DEL PROCESO	179
7.5.1	TAMAÑO DEL ELECTRODO	179
7.5.2	AMPERAJES	179
7.5.3	VOLTAJE	180
7.5.4	CANTIDAD DE FUNDENTE	180

## **Capítulo VIII**

### **SOLDADURA OXIACETILENICA**

8.1	DEFINICION	182
8.2	PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	182
8.3	LA LLAMA ACETILENICA	185
8.3.1	LLAMA NEUTRA	185
8.3.2	LLAMA REDUCTORA (Exceso de Acetileno)	186
8.3.3	LLAMA OXIDANTE (Exceso de Oxígeno)	186
8.4	FUNDENTES	187
8.5	MATERIALES DE APORTACION	188
8.6	TECNICA DE LA SOLDADURA OXIACETILENICA	189
8.7	CORTE OXIACETILENICO	189

## **Capítulo IX**

### **LOS RIESGOS DE LA SOLDADURA Y CONTROL**

9.1	PROTECCION DE OS OJOS EN EL EMPLEO DE LA SOLDADURA ELECTRICA Y AUTOGENA	192
9.1.1	EL OJO Y SU ESTRUCTURA	193
9.1.2	CRISTALINO Y RETINA	193
9.1.3	RAYOS ULTRAVIOLETA	194
9.1.4	RAYOS INFRARROJOS	195
9.1.5	RADIACION VISIBLE	195
9.1.6	NORMAS Y ESPECIFICACIONES RECOMENDACIONES PARA TONALIDADES DE LOS LENTES USADOS EN SOLDADURA Y CORTE	196
9.1.7	LENTE PROTECTORES DE REVESTIMIENTOS METALICOS	197
9.1.8	PANTALLAS Y CABINAS DE SOLDADURA	198
9.1.9	EFFECTOS Y ENFERMEDADES TIPICAS	198
9.1.10	CONCLUSIONES	199
9.2	VAPORES Y HUMOS RESULTANTES DE LA SOLDADURA	200
9.2.1	RESFRIADOS Y TUBERCULOSIS	200
9.2.2	SILICOSIS	201
9.2.3	HUMOS DEL HIERRO	201
9.2.4	OXIGENO Y OZONO	201
9.2.5	MONOXIDO DE CARBONO	202
9.2.6	HUMO DEL ZINC	202
9.2.7	CADMIO – PLOMO	203
9.2.8	MANGANESO	203
9.2.9	SUMARIO	204

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Welding Handbook – Sixth Edition – By American Welding Society.
2. De Garmo – Materials and Processes in Manufacturing –Second Edition. Mac Millan.
3. Welding Encyclopedia – Sixteenth Edition L.B. Mackenzie.
4. Procedure Handbook of Arc Welding – Desing and Practice – Sixth Edition The Lincoln Electric Company.
5. Seférian – Metalurgia de la Soldadura – Editorial Tecnos S..A., O'Donnell, 27 Madrid.
6. Welding Metallurgy – Linnert – Third Edition – American Welding Society.
7. Physics Students of science and Engineering – Part Two – Second Edition – Halliday Resnick.
8. Tratamiento Térmico de los Aceros – Sexta Edición, José Apraiz –Madrid, 1968.
9. Manual de la Tecnología de la Soldadura Eléctrica por Arco – H- Koch – Editorial Reverté S.A.
10. Principles of Metal Casting – R., Heine & P.Roseenthal – International Student Edition Mac Graw Hill – Kôgakusha.
11. Metals and How to Weld Them – The James F Lincoln Arc Welding Foundation – Cleveland, Ohio.