

CEFOTEC

Contacto: 097 40 66 65 - Facebook: cefotec.uy - info@centroformaciontecnica.com - www.centroformaciontecnica.com



SOLDADOR ESPECIALIZADO
MANUAL

Posiciones de soldeo

En soldadura existen distintas posiciones de soldeo, tanto en ángulo o de rincón designada con la letra F y la soldadura a tope designada con la letra G según la normativa americana (A.W.S.) según la normativa europea (U.N.E.) siempre se denomina con la letra P.

- > Posición 1F (UNE = PA). Soldadura acunada o plana y una de las chapas inclinadas a 45º más o menos.
- > Posición 2F (UNE = PB). Soldadura horizontal y una de las chapas en vertical.
- > Posición 3F (UNE = PF). Soldadura vertical con ambas chapas en vertical; en la normativa americana tanto la soldadura ascendente como descendente sigue siendo la 3F, pero en la normativa europea la soldadura vertical ascendente se denomina PF y en vertical descendente se le denomina PG
- > Posición 4F (UNE = PD). Soldadura bajo techo.

POSICIONES DE SOLDEO DE CHAPAS A TOPE

- > Posición 1G (UNE = PA). Chapas horizontales, soldadura plana o sobremesa.
- > Posición 2G (UNE = PC). Chapas verticales con eje de soldaduras horizontales, o también denominado de cornisa.
- > Posición 3G (UNE = PF). Soldadura vertical ascendente, soldadura vertical descendente (PG).
- > Posición 4G (UNE = PF). Soldadura bajo techo. NOTA Normativa americana (A.W.S.) = F (rincón), G (tuberías y cilindros). Normativa europea (U.N.E.) = P (en general, para todo).

POSICION DE SOLDEO EN TUBERÍA

- > Posición 1G (UNE = PA). Tuberías horizontales, con movimiento de rotación o revolución; soldadura "plana", el depósito del material de aporte se realiza en la parte superior del tubo o caño.

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

> Posición 2G (UNE = PF). Tuberías verticales e inmóviles durante el soldeo, o también denominado de cornisa.

> Posición 5G (UNE = PF). Tuberías horizontales e inmóviles; Esta posición abarca todas las posiciones, soldadura plana, vertical y bajo techo.

> Posición 6G (UNE = H-L045). Tuberías inmóviles con sus ejes inclinados a 45º mas o menos; Esta soldadura abarca: soldadura bajo techo, vertical y plana.

- (UNE = J-L045). Tuberías inmóviles con sus ejes inclinados a 45º mas o menos;

Esta soldadura abarca: soldadura plana, vertical descendente y bajo techo.

- (UNE = K-L045). Tuberías inmóviles con sus ejes inclinados a 45º mas o menos;

Esta soldadura abarca: soldadura plana, vertical descendente, bajo techo, vertical ascendente y plana.

> Posición 6GR Tuberías inmóviles con sus ejes inclinados a 45º más o menos con anillo restrictor con una distancia de 12'7mm;

Se realiza en tuberías de 6" pulgadas su anillo es de 300mm de circunferencia.

POSICION DE SOLDEO EN TUBERÍA EN ÁNGULO CON CHAPAS

> Posición 1F (UNE = PA). Conjunto con movimiento de rotación eje del tubo inclinado a 45º más o menos. Soldadura plana, el material de aporte se deposita en la parte superior.

> Posición 2F (UNE = PB). Conjunto inmóvil durante el soldeo, tubo vertical; Soldadura horizontal.

> Posición 2FR. Conjunto con movimiento horizontal de rotación. Soldadura plana o sobremesa

> Posición 4F (UNE = PD). Conjunto inmovil durante el soldeo, tubo vertical; Soldadura bajo techo.

> Posición 5F (UNE = PF,PG). Conjunto inmovil durante el soldeo; Soldadura bajo techo, vertical ascendente y soldadura plana. - (UNE = PG).Vertical descendente.

Tutorial Nº 40 –

Fundamentos de la Soldadura por Arco Eléctrico

Índice de contenidos:

1- Introducción

1.1- Generalidades

1.2- Evolución histórica

2- Estudio del arco eléctrico

2.1- Descripción

2.2- Cebado y mantenimiento del arco

2.3- Régimen eléctrico del arco

2.4- Estabilización del arco

2.5- Protección del arco

2.6- Soplado del arco

2.7- Transferencia de material

3- El cordón de soldadura

3.1- Descripción

3.2- Clasificación de los cordones de soldadura

3.3- Recomendaciones para la ejecución de cordones de soldadura

4- Posiciones de soldeo

4.1- Descripción

4.2- Visualización gráfica

5- Preparaciones de borde

5.1- Generalidades

5.2- Uniones a tope

5.3- Uniones en ángulo

6- Simbología de la soldadura

6.1- Generalidades

6.2- Representaciones gráficas

6.3- Ejemplos de representaciones y símbolos de soldadura



1- Introducción

1.1- Generalidades Los procedimientos de soldaduras más empleados industrialmente son aquellos donde la fuente de calor tiene su origen en un arco eléctrico. La soldadura por arco eléctrico se basa en someter a dos conductores que están en contacto a una diferencia de potencial, por lo que termina estableciéndose una corriente eléctrica entre ambos. Si posteriormente se separan ambas piezas, se provoca una chispa que va a ionizar el aire circundante, permitiendo el paso de corriente a través del aire, aunque las piezas no estén en contacto. Los motivos principales de utilizar el establecimiento de un arco eléctrico son:

- genera una concentración de calor en una zona muy delimitada;
- se alcanzan temperaturas muy elevadas (> 5.000 °C);
- se puede establecer en atmósferas artificiales;
- permite la posibilidad de establecerse en forma visible (arco descubierto) o invisible (arco sumergido o encubierto);
- permite la posibilidad de establecerse de diversas formas, estableciendo diferentes métodos de soldeo según el caso (entre la pieza y un electrodo fusible, entre la pieza y un electrodo no fusible, entre dos electrodos fusibles o no fusibles, entre las propias piezas a unir).

Existen una gran variedad de procedimientos de soldadura, donde la base de la fuente de calor es el arco eléctrico.

Todos estos procedimientos se pueden agrupar en dos grandes grupos, por arco descubierto y por arco encubierto.

A continuación se enumeran los distintos procedimientos agrupados en cada grupo: - Arco descubierto:

- Soldadura por arco manual con electrodos revestidos;
- Soldadura bajo gas protector con electrodo no fusible (TIG, TIG Orbital, Plasma);
- Soldadura bajo gas protector con electrodo fusible (MIG, MAG, Oscilador, Electrogás); - Arco encubierto:
- Soldadura por arco sumergido;

- Soldadura por electroescoria (este procedimiento, aunque en realidad es un procedimiento de soldadura por resistencia, el comienzo del proceso se realiza mediante un arco eléctrico). Prácticamente, para el caso de la soldadura por arco eléctrico, su aplicación acapara todo el sector industrial, debido a las opciones que presentan tanto su automatización como su gran productividad.

1.2- Evolución histórica

La soldadura con arco, tal como hoy se entiende, se inició en Suecia a principios de siglo, cuando Kjellber inventó el electrodo revestido. Hasta entonces los electrodos se fabricaban con varillas de acero extrasuave simplemente. En estas condiciones, el metal fundido, sin protección alguna, reacciona libremente con el oxígeno y el nitrógeno del aire, convirtiéndose al enfriar en un metal frágil.

La idea de Kjellber consistió en recubrir los electrodos con una pasta de polvo y aglomerante, de forma que al fundir se forme una escoria protectora, que impida el acceso del aire al baño de metal fundido. Se inicia así el proceso de dotar de un recubrimiento a los electrodos que proporcione mejores características y aspecto final al cordón de soldadura. El recubrimiento de los electrodos está constituido generalmente por óxidos minerales, carbonatos, silicatos o diversos compuestos orgánicos.

Además del efecto protector del material fundido, el revestimiento proporciona estas otras ventajas: -

Al ser menos fusible que el metal del electrodo, forma una especie de vaina alrededor del arco, que facilita su dirección y evita la formación de arcos secundarios. También se ioniza mejor el aire que rodea la zona a soldar;

- Permite realizar las llamadas soldaduras de gran penetración gracias a que se puede utilizar más intensidad de corriente con ciertos tipos de electrodos, llamados electrodos de gran penetración, aumentando la zona fundida y evitando con esto el que tengamos que preparar los bordes de algunas piezas;

- Gracias a la protección de la escoria fundida, el enfriamiento de la soldadura se hace con mayor lentitud, evitando tensiones internas.

A continuación se resume otros hitos que también merecen ser recordados y que fueron concluyentes en el avance, en general de la técnica de soldar bajo gas protector, hasta nuestros días:

- 1919: se llevan a cabo las primeras investigaciones sobre el uso de gases de protección en los procesos de soldeo.

Estas investigaciones versaron principalmente sobre los dos grandes grupos de gases, a saber, inertes (caso del Helio y Argón) o activos (CO₂). No obstante, el empleo de este último tipo inducía a la aparición de proyecciones y poros en el cordón una vez solidificado; pero por otro lado, el poder calorífico alcanzado por el arco bajo un gas activo es muy superior al alcanzado empleando un gas noble;

- 1924: es el año donde aparece la primera patente TIG registrada por los americanos Devers y Hobard;

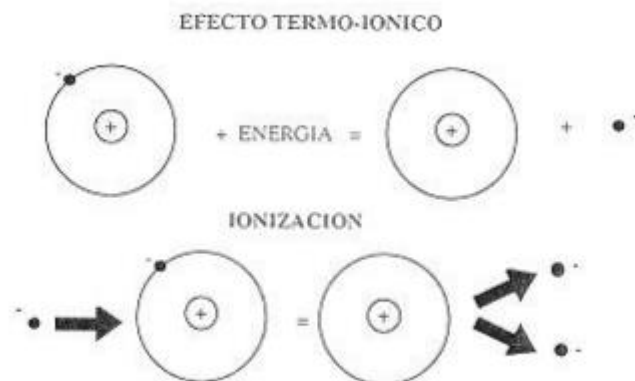
- 1948: es el año donde comienza a emplearse gas inerte con electrodo consumible, dando lugar a lo que más tarde será conocido como procedimiento MIG. Este tipo de procedimiento tenía el inconveniente que era poco el grado de penetración que se alcanzaba en los aceros.

2- Estudio del arco eléctrico

2.1- Descripción

El arco eléctrico que se produce en todo proceso de soldadura se define como la corriente eléctrica que se establece a través del aire ionizado gracias a la diferencia de potencial inducida entre las partes (entre electrodo y pieza, o entre piezas a soldar).

El arco eléctrico que se establece típicamente en los procesos de soldadura supone una descarga eléctrica en todo caso, que se caracteriza por su elevada intensidad de corriente (10-2000 A), bajo potencial o voltaje que se emplea (25-50 V), y su gran brillo y aporte de calor.



El calor provocado por el arco no sólo es intenso, sino que además está muy localizado, lo que resulta ideal para la operación de soldar. Las temperaturas alcanzadas son del orden de 3500°C. En el circuito eléctrico formado por los electrodos y el arco, la intensidad de corriente depende de la tensión y de la resistencia del circuito.

Si los electrodos se acercan o se separan variará la resistencia y la intensidad y, por lo tanto, la energía se transformará en calor, con lo que la soldadura no será uniforme. Por lo tanto, desde un punto de vista práctico, esto quiere decir que para obtener soldaduras uniformes es imprescindible mantener constante la separación de los electrodos durante el proceso del soldeo. No obstante, en el siguiente apartado se profundiza sobre este asunto.

2.2- Cebado y mantenimiento del arco

El proceso de soldadura comienza con el cebado del arco. Para que se origine el arco eléctrico, imprescindible para que ocurra la soldadura, hay que seguir la siguiente secuencia:

- 1º. Hacemos tocar la pieza con el electrodo. Al tocar el electrodo la pieza, se cierra el circuito y se produce un paso de corriente eléctrica. Como consecuencia se origina en el punto de contacto una elevación de la intensidad, y por ende, una elevación de la temperatura en la zona de contacto hasta la incandescencia.
- 2º. Cualquier metal en estado incandescente emite electrones, es lo que se conoce como efecto termoiónico.
- 3º. A continuación se procede a separar el electrodo de la pieza, lo que va a permitir que los electrones emitidos ionizan el aire circundante, haciéndolo conductor, es lo que se llama efecto ionización.



Una vez establecido el arco, éste se logra mantener debido a una serie de factores que coinciden en el proceso. Por un lado, los electrones que se emiten por el metal incandescente son atraídos por la pieza que hace de ánodo (en caso de C.C. polaridad directa, es la pieza a soldar).

Estos electrones debido a la velocidad que adquieren poseen una gran energía cinética. Por otro lado, los iones, átomos cargados con carga positiva (+), resultado de la ionización del aire son atraídos por el cátodo (en caso de C.C. polaridad directa, es el electrodo).

El consiguiente choque de los iones sobre el cátodo, origina un aumento de la temperatura del cátodo, y por efecto termoiónico producen la emisión de más electrones que se dirigen hacia el ánodo, por lo que se mantiene el arco, y de paso, vuelven a ionizar más átomos del aire, cerrándose así el proceso.

La elevada energía cinética de los electrones debido a su alta velocidad, produce que la temperatura que se alcanza en el ánodo (T_A) sea mayor que la originada en la pieza que actúa como cátodo (T_C)

$$\begin{aligned} T_C &< T_A \\ T_A - T_C &\sim 600 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_A &> 4000 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Lo expuesto anteriormente tiene validez para el caso de uso de corriente continua. No obstante, la corriente alterna también se puede utilizar en algunos procesos para establecer el arco eléctrico, aunque su estabilidad va a ser menor.

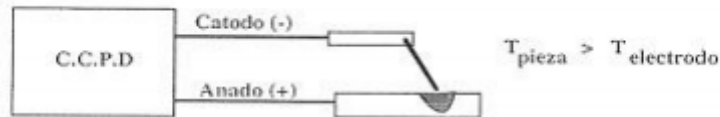
La corriente continua permite una selección más amplia de electrodos y escalas de corriente con arco más estable, por lo que suele preferirse para trabajos en posiciones difíciles y chapas finas.

Con corriente continua, los dos tercios del calor los proporciona el polo positivo y el tercio restante el polo negativo. Los electrodos de fusión difícil, como los electrodos básicos, se funden mejor conectándolos al polo positivo.

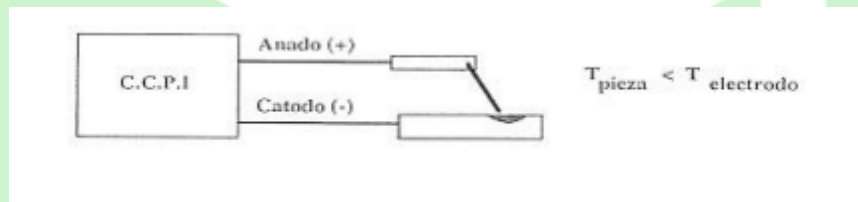
CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Lo más habitual para la soldadura por arco es emplear corriente continua con polaridad directa (C.C.P.D.)



Con esta configuración se consigue una mayor penetración de soldadura, y se evita que el electrodo se deteriore más rápidamente, dado que la temperatura que alcanza el electrodo (cátodo en caso de C.C.P.D.) es inferior a la de la pieza. No obstante, para algunos procesos se puede emplear la corriente continua polaridad inversa (C.C.P.I.).



En este caso, se alcanza una penetración menor que si se usara polaridad directa. Es de aplicación sobre todo para soldar chapas finas. También se usa para soldar aleaciones no férreas, básicamente aluminio. Ello es debido a que durante el proceso de soldadura del aluminio, tiende a formarse en la superficie del cordón una capa de alúmina (u óxido de aluminio) que es necesario romper.

Para ello el empleo de la polaridad inversa supone que la pieza pase a ser el cátodo (-) y a ella se dirigen para chocar los aniones originados por la ionización del aire, que al ser de mayor masa que los electrones, pueden romper con mayor facilidad esta capa de alúmina.

Por otro lado, en esta configuración los electrodos alcanzan mayor temperatura, por lo que su duración de vida útil disminuye.

Por último, decir que la corriente alterna (C.A.) sólo se puede emplear con electrodo revestido, dado que es lo que favorece para establecer el arco eléctrico.



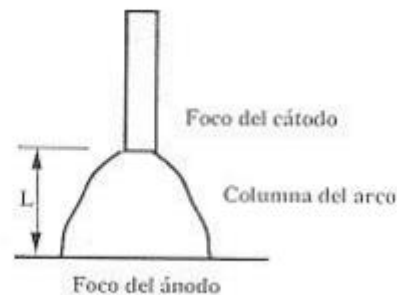
Empleando C.A. se consiguen valores intermedios de penetración y deformaciones. Su uso es también idóneo para procesos de soldeo con electrodo no fusible (TIG) para soldadura de aluminio (Al). La corriente alterna consume menos energía y produce menos salpicaduras. También los transformadores requieren menos mantenimiento que las dinamos. La corriente alterna también se usa donde hay problemas de soplo del arco y en trabajos de soldadura en posición plana con chapas gruesas.

2.3- Régimen eléctrico del arco

Una vez establecido el arco eléctrico, y siendo éste estable, la tensión o diferencia de potencial existente entre electrodo y pieza es suma de las tres caídas de tensión siguientes:

- Caída de tensión catódica (V_c)
- Caída de tensión en la columna del arco (V_o)
- Caída de tensión anódica (V_a)

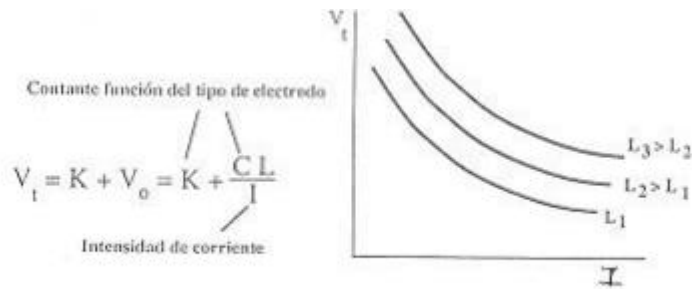
Tanto las caídas de tensión catódica y anódica dependen del tipo de electrodo, mientras que la caída de tensión en el arco va a depender también de la intensidad de corriente que circula a su través y de la distancia entre electrodo y pieza.



$$V_t = V_c + V_o + V_a$$

Valores normales de V_t se sitúa entre 20-60 Voltios.

Como ya se ha dicho, V_c y V_a son constantes (K) función del tipo de electrodo, mientras que V_o es función del electrodo, de la longitud de arco (L) y de la intensidad de corriente (I).



2.4- Estabilización del arco

Una vez iniciado el arco eléctrico, es necesario que éste sea estable, para poder así controlar su dirección y que el proceso de fusión sea continuo y no se interrumpa. En general, el uso de la corriente continua va a contribuir a obtener un arco más estable, mientras que para el caso de corriente alterna el arco se va a estabilizar gracias al revestimiento del electrodo.

A continuación se relacionan aquellos factores que más influyen en obtener un arco estable:

- Potencial de ionización de los metales. Éste debe ser bajo, para así lograr más fácilmente y con menor necesidad de energía la presencia de iones positivos en la pieza a soldar, que faciliten el mecanismo del arco.
- Poder termoiónico. Éste debe ser alto, con objeto de conseguir una temperatura elevada que ayude a mantener el baño de fusión caliente.
- Conductividad térmica. Debe ser baja, para facilitar así la emisión catódica.

2.5- Protección del arco

El proceso de soldadura por arco eléctrico se origina por la fusión tanto del metal base como del metal de aporte, gracias al poder calorífico que aporta el arco eléctrico. Un metal fundido tiene, por lo general, gran avidez por fijar o absorber elementos del aire circundante (nitrógeno, oxígeno, etc.). Estos elementos externos, si logran introducirse

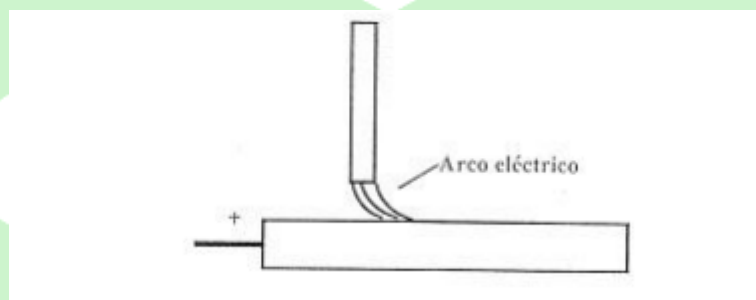
en el baño de soldadura, quedarán ocluidos en el cordón y darán, en general, malas características mecánicas al metal. Por todo ello, es necesario dar protección al arco. La protección se puede conseguir rodeando al arco eléctrico por un gas (protección bajo gas), o bien mediante el gas que resulta de la combustión del revestimiento del electrodo (soldadura con electrodo revestido).

Con ello se consigue aislar la atmósfera circundante del arco e impide la fijación de elementos contenidos en ella en el cordón de soldadura.

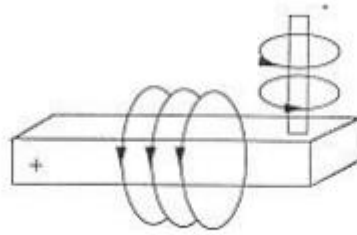
Evidentemente, el tipo de gas de protección que se utilice va a condicionar la soldadura, influyendo en factores como la anchura de cordón, grado de penetración o la forma de transferencia de material.

2.6- Soplado del arco

Por soplado del arco se entiende a una oscilación que ocurre en la trayectoria del arco eléctrico y que no es controlada. Esta oscilación tiene lugar cuando se emplea corriente continua (con corriente alterna no tiene lugar este fenómeno), cuando se usan electrodos desnudos (igualmente el empleo de electrodos revestidos hace desaparecer el soplado), o cuando se usan intensidades elevadas. Este fenómeno también tiene lugar en el procedimiento de soldadura por arco sumergido.



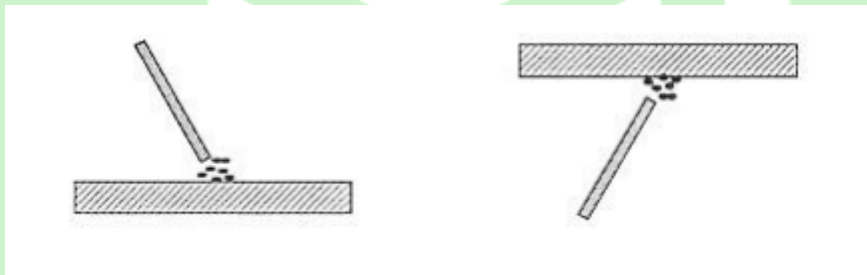
Es un fenómeno que sobretodo adquiere importancia en la zona de contacto del cable de masa con la pieza. El soplado del arco es un fenómeno que se origina por la presencia de campos magnéticos que se forman en la pieza y en el electrodo por el paso de corriente eléctrica. Como se ha dicho, normalmente se hace más pronunciado cerca de las conexiones.



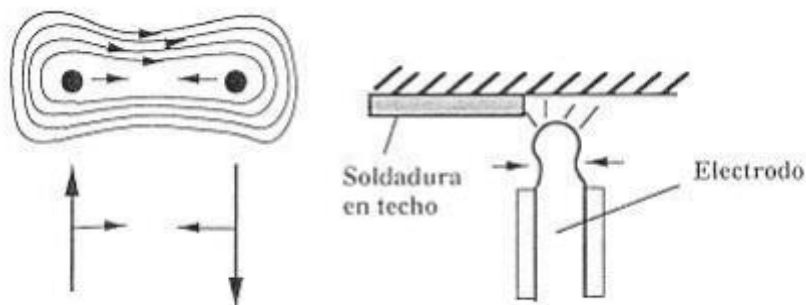
Para corregir los inconvenientes creados por el soplado, se actúa variando la inclinación del arco, o bien empleando una secuencia de soldadura correcta.

2.7- Transferencia de material

En aquellos procedimientos en los que el electrodo es fusible, se conoce por transferencia de material al paso de metal de aporte desde el electrodo a la pieza. Este sentido de transferencia va a ser siempre el mismo, es decir, que se va a producir desde el electrodo a la pieza, independientemente de la posición relativa de ambos.



Ello es debido porque además de las fuerzas gravitatorias actúan otros tipos de fuerzas, las electromagnéticas por ejemplo, que son de un orden superior. Este tipo de fuerzas tienen poca influencia sobre los cuerpos rígidos, pero sí sobre el metal fundido. De hecho pueden originar que la gota fundida pueda sufrir una estricción (efecto pinch), que origina un alargamiento de la misma, pudiendo hacer que la gota entre en contacto con el baño y electrodo al mismo tiempo. En este caso, es la tensión superficial del baño la que hace que la gota de metal fundido pase definitivamente al baño.



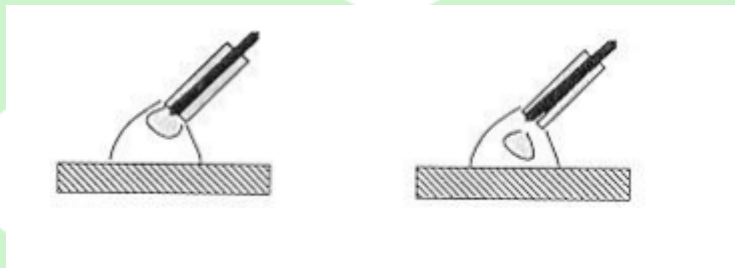
A continuación se enumeran los distintos tipos de fuerzas que intervienen en el proceso de transferencia de material en soldadura:

- electromagnéticas
- tensión superficial
- hidrodinámicas
- gravitatorias

Dependiendo de la magnitud de cada una de las anteriores fuerzas que intervienen, se producirán distintas formas de transferencia:

- Transferencia por vuelo libre: En este tipo el paso de material del electrodo a la pieza se realiza a través de gotas que se forman en el extremo del electrodo, desprendiéndose y trasladándose por la columna del arco hasta que llegan a sumergirse en el baño de fusión.

- Transferencia gravitacional: Es la forma más normal de transferencia para aquellas soldaduras realizadas en posición horizontal. En este caso las gotas se desprenden del electrodo por la acción de la gravedad fundamentalmente.



Este tipo de transferencia suelen originar salpicaduras alrededor del cordón. Estos puntos de salpicaduras son núcleos de naturaleza frágil del material, debido a que la gota de material al entrar en contacto con la chapa directamente se produce un enfriamiento brusco de la misma, que termina fragilizando.

- Proyectado, transferencia por spray o llovizna Este tipo de transferencia de material es típico de los procedimientos MIG-MAG, cuando se utilice como gas de protección Argón (Ar) y bajo determinados valores de intensidad y voltaje (elevados >28V).

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

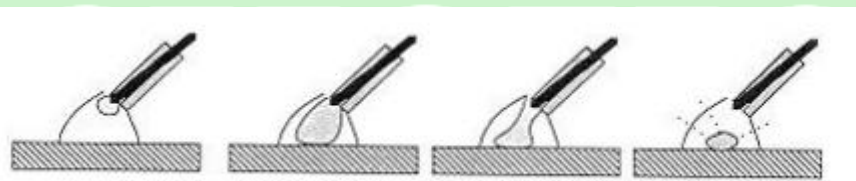


En este caso, las fuerzas electromagnéticas sí son importantes, y son el origen que va a imprimir una aceleración inicial a la gota que la hace proyectar sobre el baño. La acción de la gravedad en esta ocasión ocupa un segundo plano.

- De rechazo: Este caso no es deseable que se origine. La gota es impulsada fuera de la columna del arco debido a las fuerzas electromagnéticas, por lo que queda alejada del baño. Suele darse cuando se utilizan arcos demasiado largos, o también cuando se emplea la configuración de corriente continua polaridad directa (C.C.P.D.) para los procesos MIG-MAG.



- Transferencia por cortocircuito: Para esta forma de transferencia la gota de metal fundido contacta entre electrodo y pieza antes de depositarse en el baño. El equipo de soldeo debe estar acondicionado para trabajar en estas condiciones de cortocircuitos sucesivos.



En este caso es muy habitual que se produzca el llamado efecto pinch en la gota antes de depositarse. Este modo de transferencia es el deseado para los casos de soldadura en techo en cornisa. En general, que se produzca un modo u otro en la transferencia de material dependerá de las fuerzas que intervengan y cuál de ellas sea la predominante.

Por otro lado, son los valores que tomen los diferentes parámetros de soldeo los que van a condicionar qué tipo de fuerza va a caracterizar el proceso.

Básicamente el tipo de transferencia que se produzca va a depender de:

- el diámetro del electrodo;
- la densidad del material;
- la gravedad;
- la fuerza de capilaridad en el baño;
- la intensidad de corriente que se emplee;
- el tipo de protección empleado: con electrodo revestido se producirá generalmente transferencia por vuelo libre o en cortocircuito, empleando CO₂ cortocircuito, con Ar en spray o en cortocircuito...

A continuación se expone una tabla resumen:

Proceso	Intensidad	Longitud arco	Modo de Transf.
Electrodos revestidos	Normal	Normal	Vuelo libre
			Cortocircuito
MIG	Baja	Largo	Gravitacional
	Alta	Corto	Cortocircuito
	Alta	Normal	Proyectado
MAG (CO ₂)	Todas	Largo	De rechazo (CCPD)
		Corto	Cortocircuito

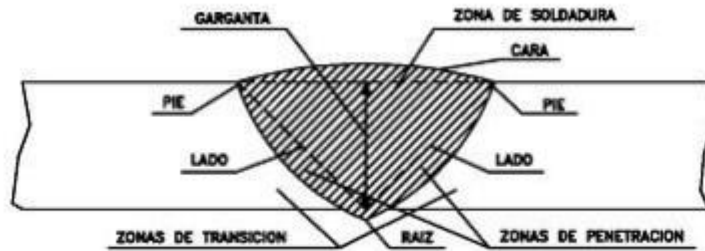
3- El cordón de soldadura

3.1- Descripción

En todo cordón de soldadura se pueden distinguir las siguientes partes que se representan en la figura siguiente:

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado



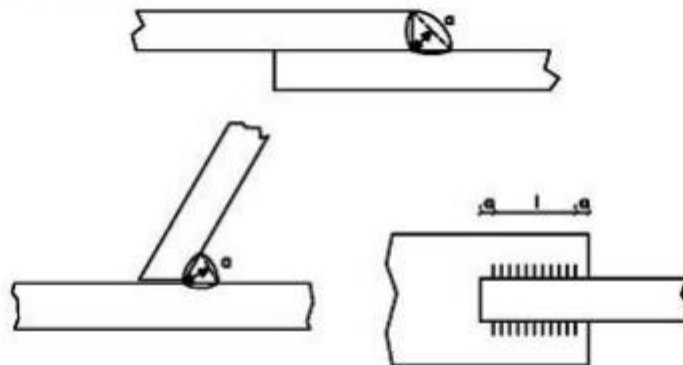
Partes del cordón de soldadura

a) Zona de soldadura: Es la parte central del cordón, que está formada fundamentalmente por el metal de aportación.

b) Zona de penetración: Es la parte de las piezas que ha sido fundida por los electrodos. La mayor o menor profundidad de esta zona define la penetración de la soldadura. Una soldadura de poca penetración es una soldadura generalmente defectuosa.

c) Zona de transición: Es la más próxima a la zona de penetración. Esta zona, aunque no ha sufrido la fusión, sí ha soportado altas temperaturas, que la han proporcionado un tratamiento térmico con posibles consecuencias desfavorables, provocando tensiones internas. Las dimensiones fundamentales que sirven para determinar un cordón de soldadura son la garganta y la longitud. La garganta (a) es la altura del máximo triángulo isósceles cuyos lados iguales están contenidos en las caras de las dos piezas a unir y es inscribible en la sección transversal de la soldadura. Por otro lado, se llama longitud eficaz (L_{eficaz}) a la longitud real de la soldadura menos los cráteres extremos. Se suele admitir que la longitud de cada cráter es igual a la garganta.

$$L_{eficaz} = L_{geométrica} - 2 \times a$$



3.2- Clasificación de los cordones de soldadura

Los cordones de soldadura se pueden clasificar según los siguientes criterios:

- **Por la posición geométrica de las piezas a unir:**

- Soldaduras a tope;
- Soldaduras en ángulo;

- **Por la posición del cordón de soldadura respecto al esfuerzo:**

- Cordón frontal;
- Cordón lateral;
- Cordón oblicuo;

- **Por la posición del cordón de soldadura durante la operación de soldeo:**

- Cordón plano (se designa con H);
- Cordón horizontal u horizontal en ángulo (se designa por C);
- Cordón vertical (se designa con V);
- Cordón en techo o en techo y en ángulo (se designa con T); A continuación, se muestra una serie de figuras representativas de los tipos anteriormente definidos.

EJEMPLOS DE SOLDADURAS A TOPE

En prolongación

En prolongación



A tope en T

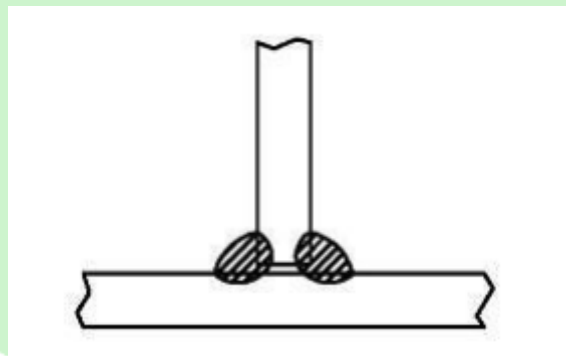


A tope en L

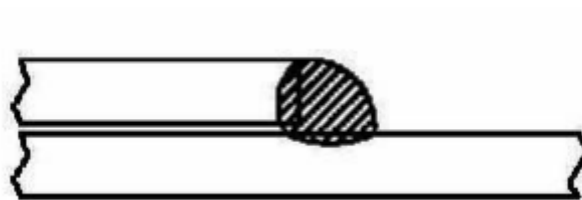


EJEMPLOS DE SOLDADURAS EN ÁNGULO

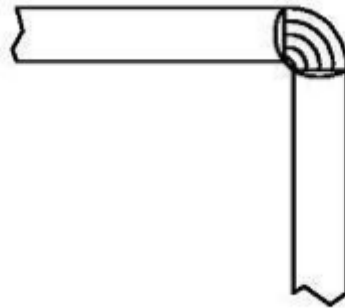
Ángulo en rincón



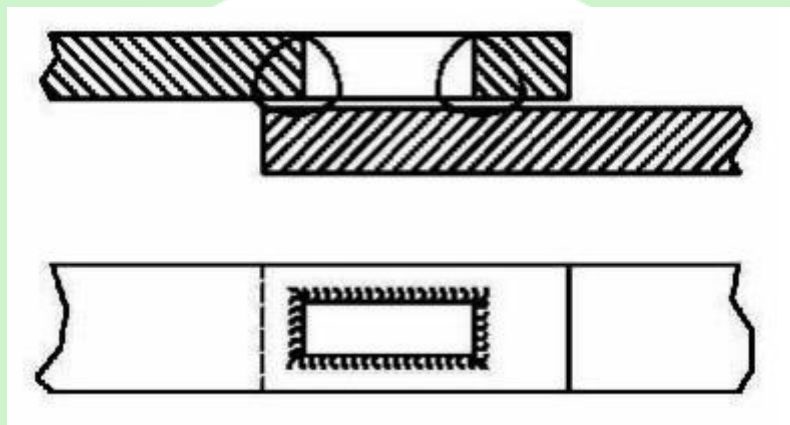
Ángulo en solape



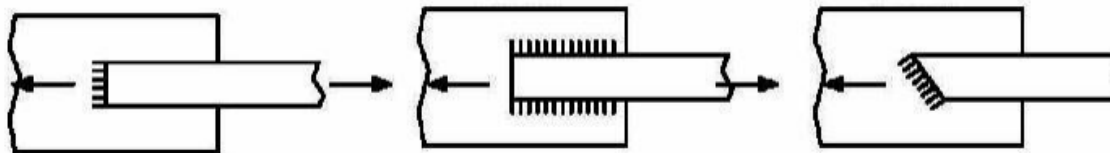
Ángulo en esquina



Ángulo en ranura



- Clasificación de los cordones de soldadura respecto al esfuerzo

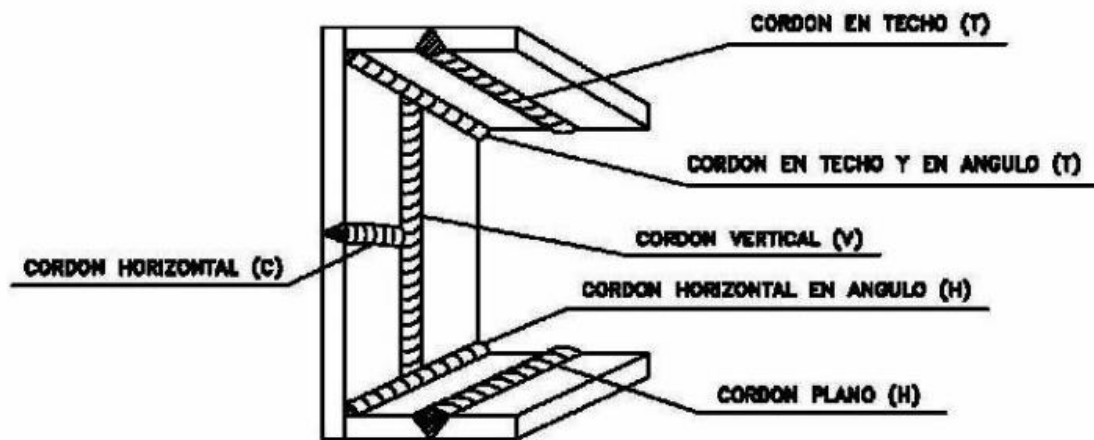


Frontal,

Lateral y

Oblicuo

- Clasificación de los cordones de soldadura según su posición durante la posición de soldeo

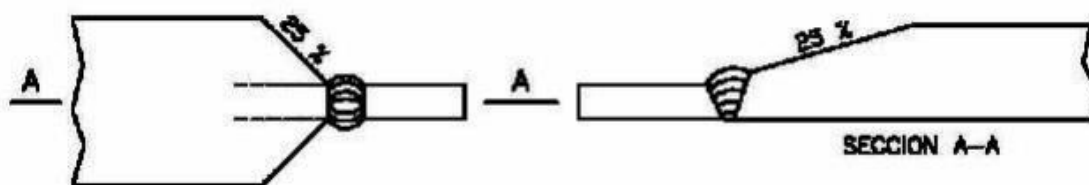


3.3- Recomendaciones para la ejecución de cordones de soldadura

A continuación se exponen una serie de recomendaciones a la hora de ejecutar las uniones soldadas, a fin de garantizar una calidad aceptable en la ejecución de las mismas.

a) Soldaduras a tope:

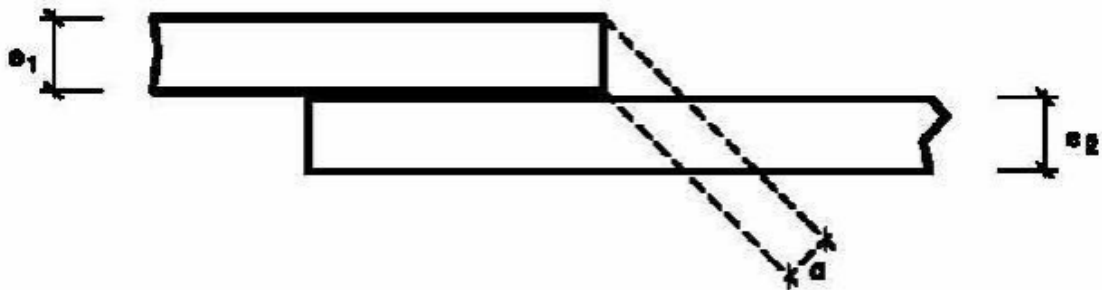
- Deben ser continuas en toda la longitud y de penetración completa.
- Deben sanearse la raíz antes de depositar el primer cordón de la cara posterior o el cordón de cierre.
- Cuando no sea posible el acceso por la cara posterior debe conseguirse penetración completa. - Cuando se unan piezas de distinta sección se debe adelgazar la mayor con pendientes inferiores al 25%.



Soldaduras a tope

b) Soldaduras en ángulo:

- La garganta de una soldadura en ángulo que une dos perfiles de espesores $e_1 \leq e_2$ no debe sobrepasar el valor máximo que se indica en la Tabla que se adjunta con los valores límite de la garganta para una soldadura en ángulo. Este valor se corresponde al valor e_1 y no debe ser menor que el mínimo correspondiente al espesor e_2 , y siempre que este valor mínimo no sea mayor que el valor máximo para e_1 .

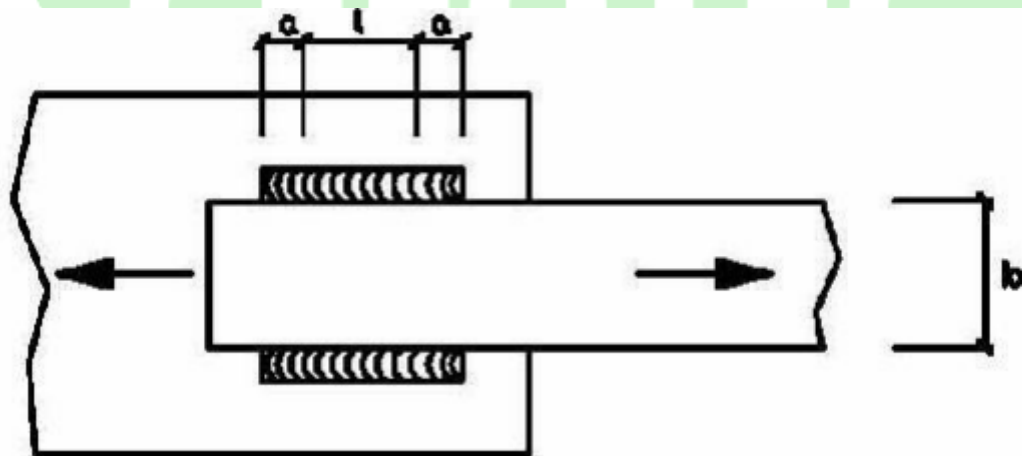


Soldaduras en ángulo

- La longitud eficaz l de una soldadura lateral en ángulo con esfuerzo axial deberá estar comprendida entre los valores siguientes:

Como valor mínimo: $l \geq 15 \times a$, o bien, $l \geq b$

Como valor máximo: $l \leq 60 \times a$, o bien, $l \leq 12 \times b$



CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Longitud eficaz de una soldadura lateral

A continuación se exponen los valores límites de la garganta de una soldadura en ángulo en función de los espesores de las piezas a unir:

Valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo		
Espesor de la pieza (mm.)	Garganta, <i>a</i>	
	Valor máximo (mm.)	Valor mínimo (mm.)
4.0-4.2	2.5	2.5
4.3-4.9	3	2.5
5.0-5.6	3.5	2.5
5.7-6.3	4	2.5
6.4-7.0	4.5	2.5
7.1-7.7	5	3
7.8-8.4	5.5	3
8.5-9.1	6	3.5
9.2-9.9	6.5	3.5
10.0-10.6	7	4
10.7-11.3	7.5	4
11.4-12.0	8	4
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9	4.5
13.5-14.1	9.5	5
14.2-15.5	10	5
15.6-16.9	11	5.5
17.0-18.3	12	5.5
18.4-19.7	13	6
19.8-21.2	14	6
21.3-22.6	15	6.5
22.7-24.0	16	6.5
24.1-25.4	17	7
25.5-26.8	18	7
26.9-28.2	19	7.5
28.3-31.1	20	7.5
31.2-33.9	22	8
34.0-36.0	24	8

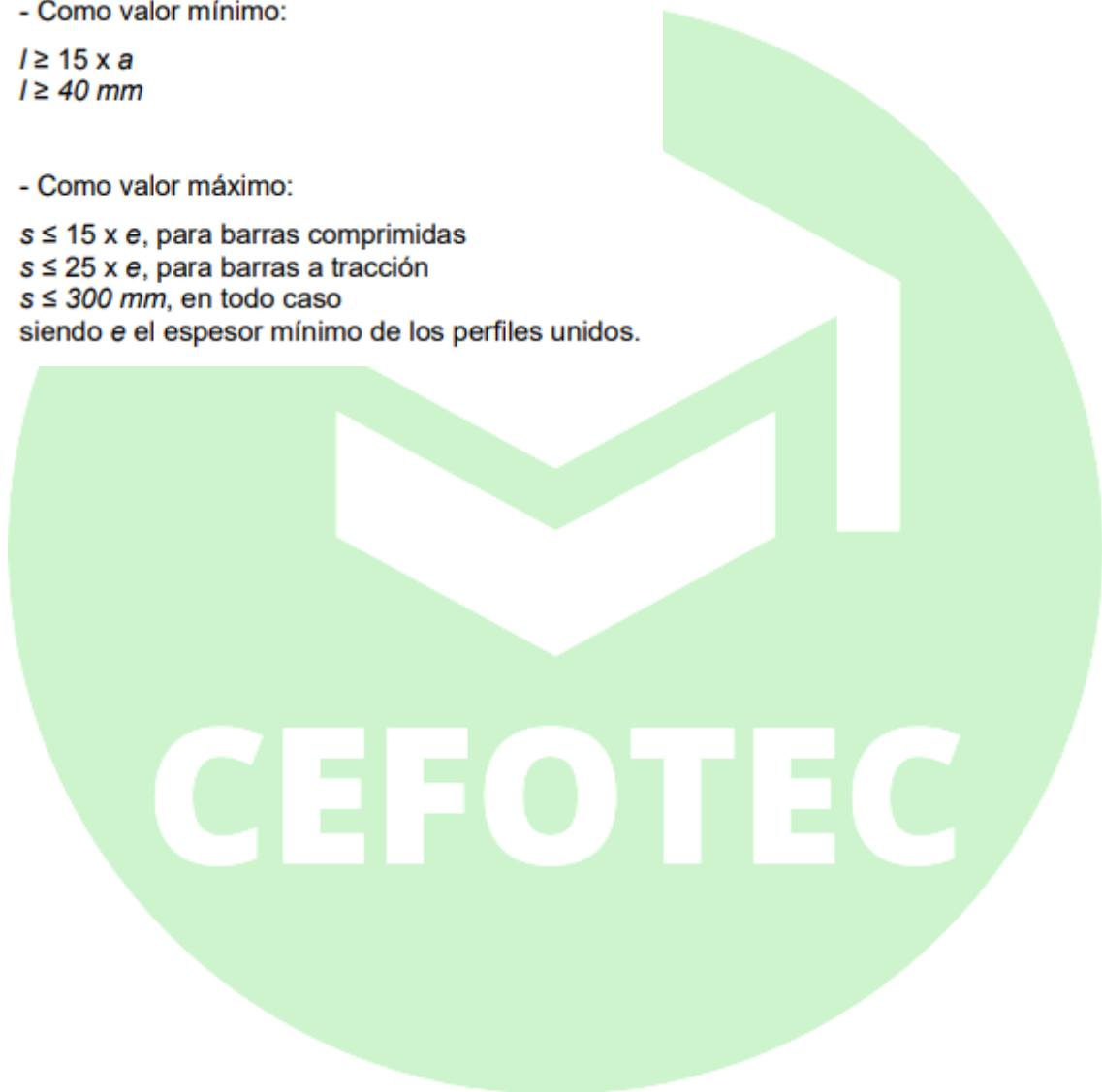
- Exceptuando los casos de uniones sometidas a cargas dinámicas, o estructuras expuestas a la intemperie o ambientes agresivos, o temperaturas inferiores a 0°C, o bien en uniones estancas, las uniones longitudinales de dos piezas podrán realizarse mediante soldaduras discontinuas. En este caso, la ejecución de las uniones discontinuas pueden ser correspondientes o alternadas. En estos casos, los valores límites recomendados son los siguientes:

- Como valor mínimo:

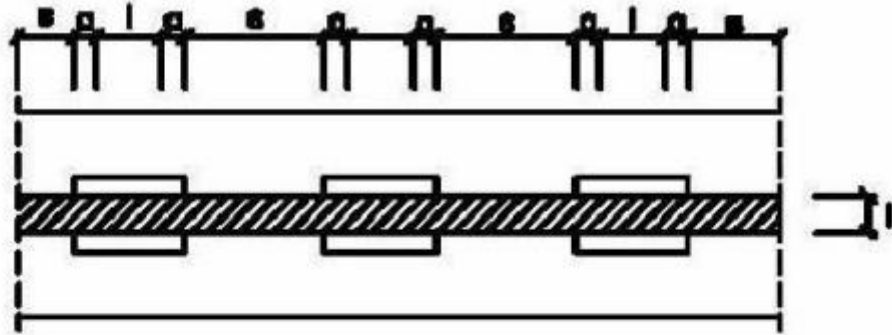
$l \geq 15 \times a$
 $l \geq 40 \text{ mm}$

- Como valor máximo:

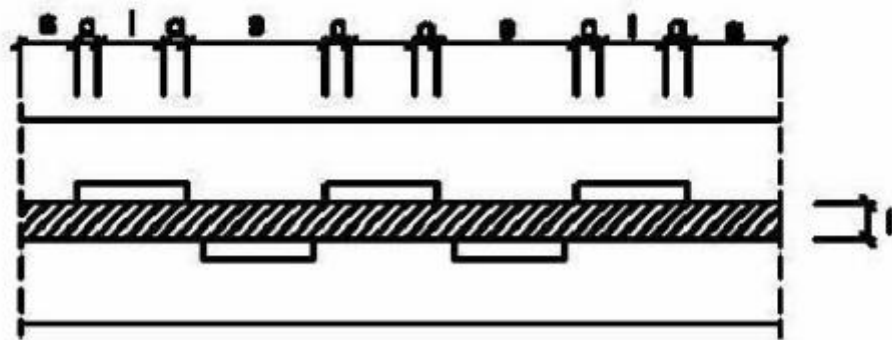
$s \leq 15 \times e$, para barras comprimidas
 $s \leq 25 \times e$, para barras a tracción
 $s \leq 300 \text{ mm}$, en todo caso
siendo e el espesor mínimo de los perfiles unidos.



EJEMPLOS DE UNIONES LONGITUDINALES DISCONTINUAS



Unión discontinua correspondiente



Unión discontinua alterna

c) Otras recomendaciones

Durante el proceso de soldeo se genera un calor que se propaga a lo largo y ancho de las piezas.

Este calor origina los siguientes efectos:

- Un enfriamiento más o menos rápido de las partes de las piezas en las que la temperatura ha superado la del punto crítico del acero;

• Contracciones de las zonas calentadas al enfriarse posteriormente. La velocidad de enfriamiento de la pieza tiene un efecto importante sobre la modificación de la estructura cristalina del metal, lo cual se traduce en una modificación de sus características mecánicas y, en especial, en un aumento de su fragilidad. Las contracciones, si operasen sobre piezas con libertad de movimiento, sólo proporcionarían deformaciones, pero como las piezas en general tendrán ligaduras, aparecerán, además, tensiones internas, que serán mayores a medida que la producción de calor sea mayor o, lo que es equivalente, a medida que las piezas sean más gruesas. Las deformaciones que nos aparecen pueden dividirse en deformaciones lineales y deformaciones angulares.

Se podrán eliminar estas deformaciones y tensiones internas si se siguen las siguientes indicaciones:

- Soldaduras de cordones múltiples En general se recomienda que una soldadura de varios cordones se realice depositando éstos en el orden que aparece en la figura siguiente. El último cordón conviene que sea ancho para que la superficie de la soldadura sea lisa.

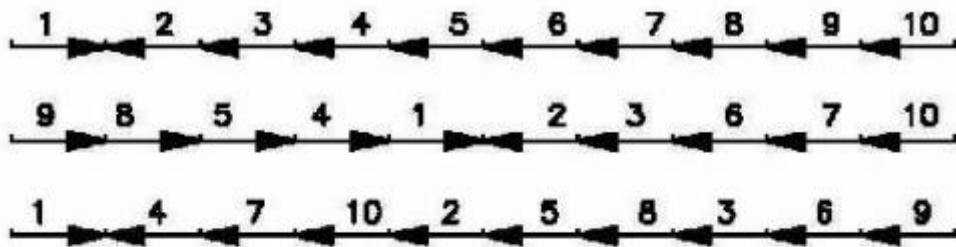


Recomendaciones para la ejecución de soldaduras de cordones múltiples

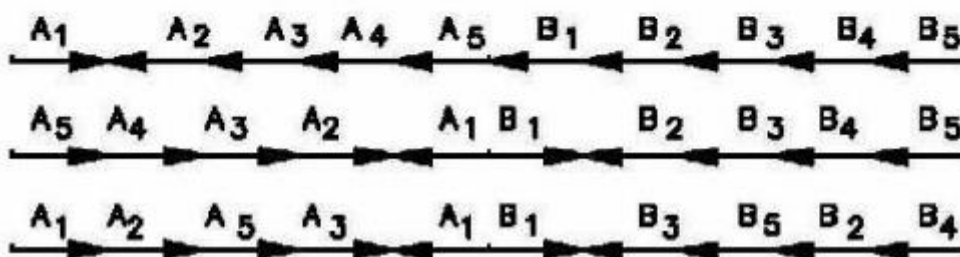
Recomendaciones para la ejecución de soldaduras de cordones múltiples - Soldaduras continuas

Cuando la longitud de la soldadura no sea superior a 500 mm se recomienda que cada cordón se empiece por un extremo y se siga hasta el otro sin interrupción en la misma dirección.

Cuando la longitud está comprendida entre 500 y 1000 mm se recomienda empezar por el centro de cada dirección. Los cordones de soldadura de longitud superior a 1000 mm es conveniente hacerlos en "paso de peregrino", sistema del cual se dan diversas soluciones en las figuras siguientes:



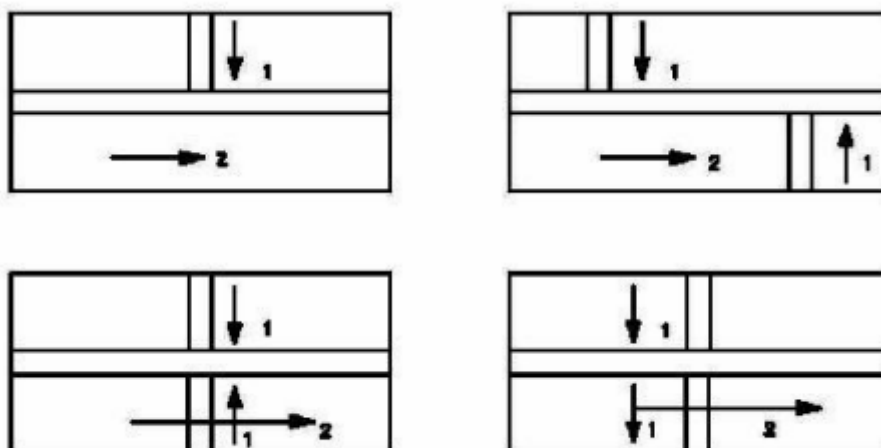
Soluciones para un solo soldador



Soluciones para un solo

Soluciones para dos soldadores trabajando al mismo tiempo

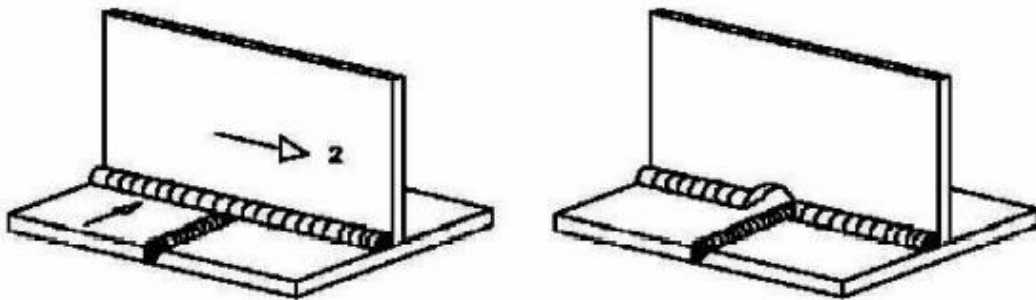
- Uniones planas con soldaduras cruzadas Se recomienda ejecutar en primer lugar las soldaduras transversales, según se indican en las figuras siguientes:



Uniones planas con soldaduras cruzadas

- Uniones en ángulo con soldaduras cruzadas

Cuando sólo son dos los cordones que se cruzan, según las figuras siguientes que se adjunta, debe seguirse la disposición que se marca como correcta, ya que aunque parece que la otra disposición evita las tracciones biaxiales, el efecto de entalla es más desfavorable que la propia biaxialidad de tracciones

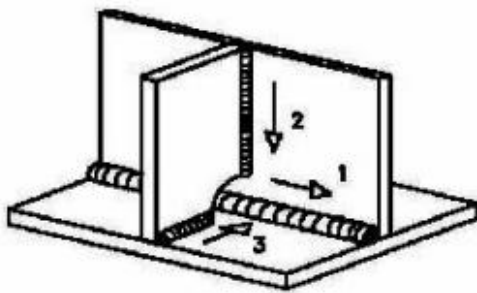


CORRECTA.

INCORRECTA

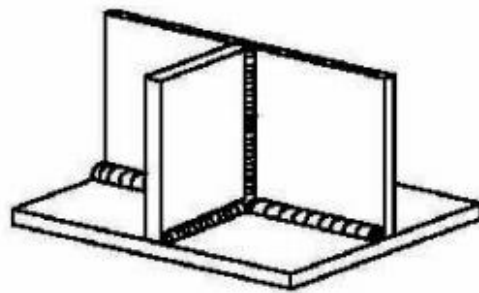
Uniones en ángulo con soldaduras cruzadas (dos cordones)

Uniones en ángulo con soldaduras cruzadas (dos cordones) Cuando se trata de tres cordones como se indica en las figuras siguientes, el efecto de tracción triaxial y su consecuente peligro de rotura frágil recomienda que se utilice la configuración que se marca como correcta, en lugar de la otra, a pesar del efecto de entalla, aunque la mejor solución siempre será la de evitar la concurrencia de tres cordones en un punto.



CORRECTA.

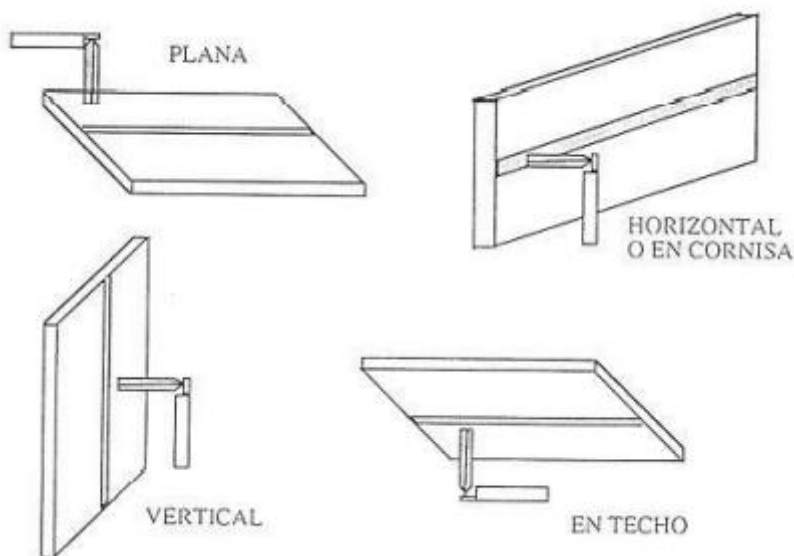
Uniones en ángulo con soldaduras cruzadas (tres cordones)



INCORRECTA

4- Posiciones de soldeo

4.1- Descripción Dependiendo de la posición relativa entre el electrodo y la pieza, se pueden definir las siguientes posiciones de soldeo:



De todas las anteriores, la soldadura plana es la más deseable ejecutar por su mayor comodidad. Para ejecutar la soldadura vertical ascendente, es necesario dotar con un movimiento oscilatorio al electrodo. Las soldaduras ejecutadas en cornisa o en techo son las llamadas soldaduras en posición, las cuales no son deseables debido a su gran

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

dificultad de ejecución. La norma americana AWS (American Welding Society) establece otra nomenclatura para distinguir las distintas posiciones de soldeo:

- Para el caso de soldaduras en chapas:

- Posición 1G: chapa horizontal. Soldadura plana;
- Posición 2G: soldadura en cornisa;
- Posición 3G: soldadura vertical;
- Posición 4G: soldadura en techo.

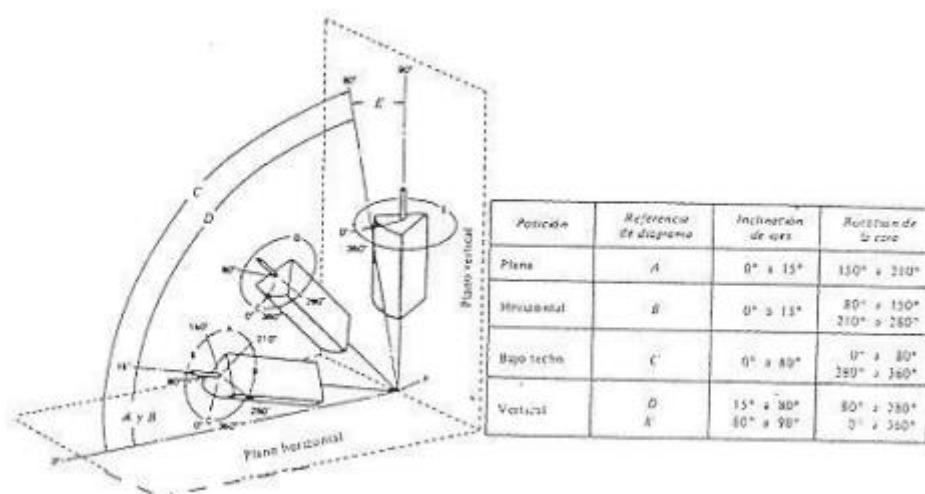
- Para el caso de soldadura en tubos a tope:

- Posición 1G: tubería horizontal con rotación. Posición plana;
- Posición 2G: tubería vertical. Soldadura en cornisa;
- Posición 5G: tubería horizontal inmóvil: Todas las posiciones.

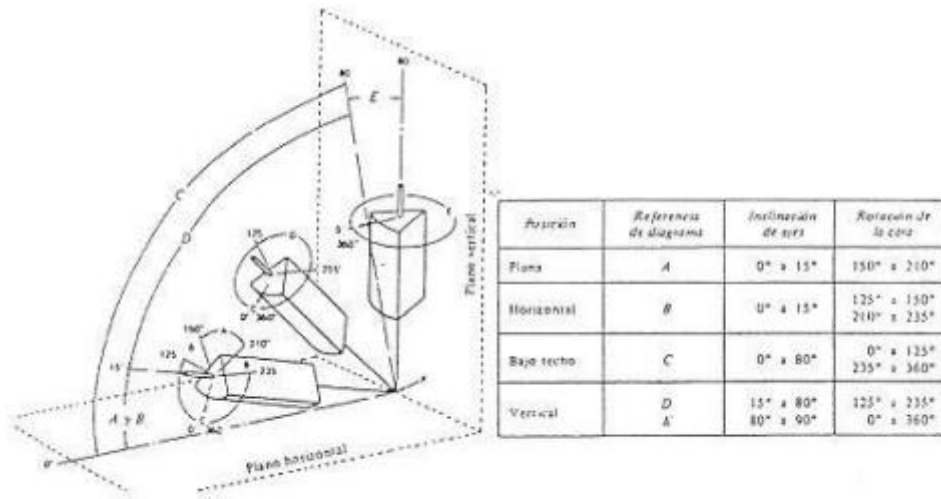
4.2- Visualización gráfica Los límites entre las posiciones de soldeo se pueden establecer en base a los siguientes gráficos aplicados a las soldaduras a tope y en ángulo:

Gráficos de posiciones de soldeo:

- Soldaduras a tope:



- Soldaduras en ángulo:

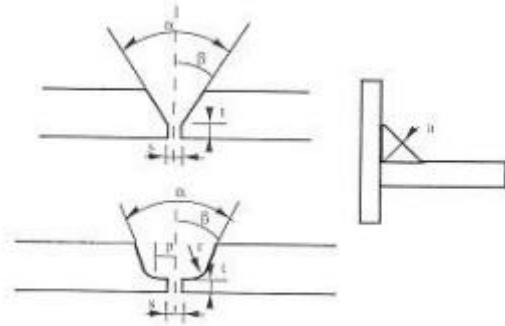


5- Preparaciones de borde

5.1- Generalidades Para ejecutar de forma correcta una soldadura, es necesario realizar previamente una preparación de los bordes de las piezas a unir. Los tipos de preparaciones de borde serán función de:

- el espesor de las piezas a unir. Para chapas de hasta 4-5 mm o menos, no es necesario realizar ninguna preparación de borde porque con estos espesores pequeños se consigue una penetración total;
- del tipo de procedimiento de soldadura a emplear;
- de la posición de soldeo;
- de la forma y dimensiones de las piezas a unir;
- de los útiles disponibles en la zona de trabajo, y
- de las cualidades requeridas en la unión. En todo caso, hay que tener presente que una preparación incorrecta, mal diseñada o defectuosa en su ejecución es una fuente de futuros defectos en el cordón y de posibles discontinuidades, como por ejemplo, la aparición de grietas.

Para la preparación de los bordes se recurre al oxicorte o el fresado mecánico. Adjunto se presentan algunos esquemas representativos para la preparación de borde:



de donde,

- s, representa la separación entre chapas o también llamado gap.

Su dimensión no debe ser muy estrecha, dado que impediría conseguir una buena penetración, pero tampoco demasiado ancha dado que originaría que el baño se descuelgue. Generalmente habrá que disponer una mayor separación entre chapas cuando se usa electrodo revestido, y menor cuando se emplee sumergido.

- α , representa el ángulo total del chaflán. El valor de este ángulo deberá estar limitado y no ser muy elevado debido a que daría lugar a excesivas deformaciones, mientras que si es muy cerrado se podría tener problemas en función del diámetro del electrodo empleado. Como valores habituales se toman alrededor de los 50°.

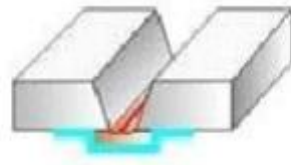
- β , define el ángulo del chaflán a realizar en una de las piezas a unir.

- t, es la altura de talón.

- r, el radio del talón.

- p, es la pestaña.

- a, es la garganta de la soldadura empleado para soldaduras en ángulo. Representa la distancia más corta entre la raíz de la soldadura y la cara de soldadura. La garganta es un factor que va a determinar el tamaño y resistencia de una soldadura. Para mejorar la primera pasada o pasada de raíz en las soldaduras a tope se suele emplear una pieza de respaldo o "backing", generalmente de tipo cerámico, para sostener el baño e impedir que éste se descuelgue. Su uso también puede estar justificado cuando el espesor de las piezas a unir es demasiado fino.

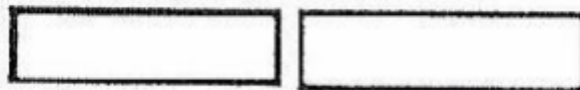


Por otro lado, su uso también está justificado para evitar el contacto directo de la cara posterior de la soldadura con la atmósfera, evitando así su contaminación. Otra ventaja adicional que justifica su uso es que ayuda a moldear el baño por su cara posterior y reducir la concentración de tensiones en la zona.

5.2- Uniones a tope

A continuación se describen las distintas preparaciones de bordes empleadas de forma común en las soldaduras a tope:

- Unión recta:

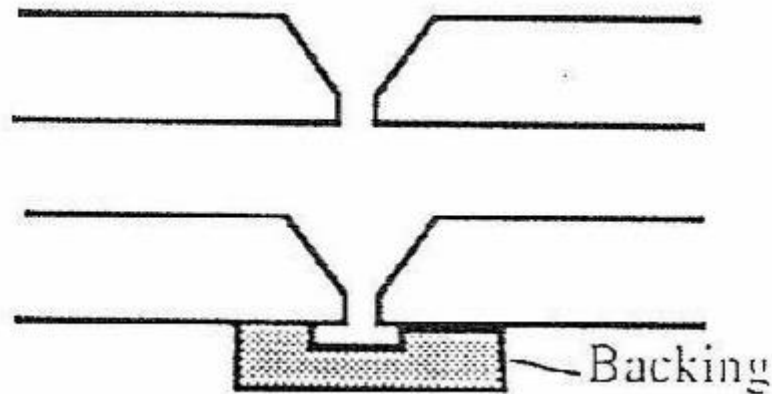


Realmente en este tipo de unión no se realiza preparación alguna de los bordes. Sólo es aplicable para piezas con espesores pequeños (< 5 mm).

El GAP o separación entre chapas se establece entre 0.5-3 mm.

- Unión en "V":

Este tipo de preparación puede ser simétrica ($\alpha = 2\beta$) o no simétrica en caso contrario.

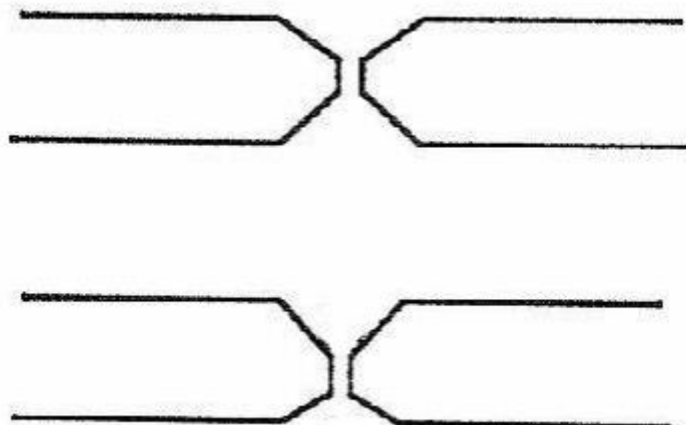


Se emplea sobretodo para espesores de entre 6 y 20 mm de las piezas a unir, y en soldaduras a una cara con backing.

Con este tipo de preparaciones existe el peligro de presentarse una falta de penetración en el cordón de raíz. Por este motivo, el primer cordón debe ser de la mejor calidad posible, por lo que se suele ejecutar mediante procedimiento TIG.

La pieza de respaldo o "backing" se suele emplear para el caso que no sea posible voltear la pieza. En caso que se pueda tener acceso por el otro lado del cordón, se volvería a realizar una pasada por el cordón de raíz para resanarlo. Como inconveniente en este tipo de preparación es la gran deformación angular que origina.

- Unión en "X":

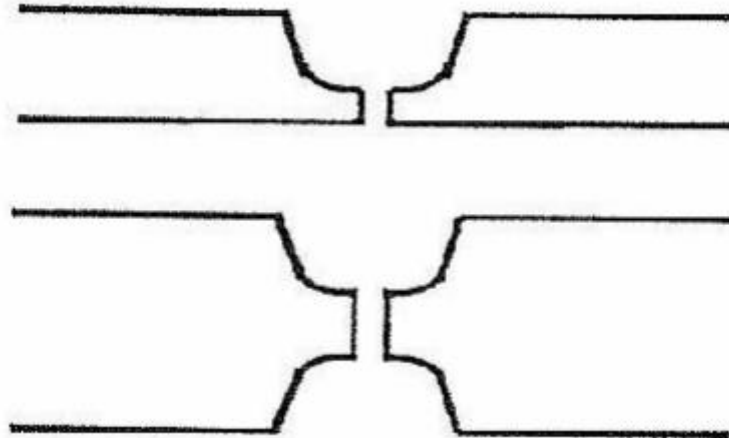


Igualmente este tipo de preparación puede ser simétrica ($\alpha = 2\beta$) o no simétrica. Se suele emplear para espesores mayores de 20 mm. +Exige tener accesibilidad por

ambas caras. Asimismo, para corregir o compensar las deformaciones angulares que se puedan originar se suelen realizar de forma asimétricas.

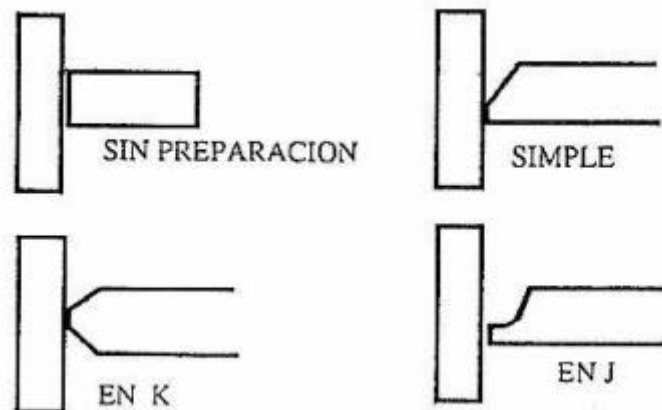
Con este tipo de preparación se economiza el material de aportación.

- Uniones en "U" o en doble "U":

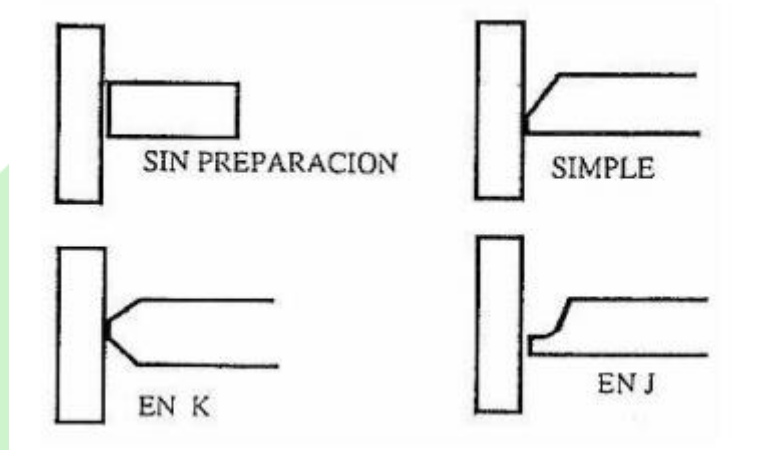


Aplicable solamente a uniones de piezas de gran espesor, donde este tipo de preparación además permite ahorrar material de aporte. No obstante es un tipo de preparación difícil de ejecutar.

5.3- Uniones en ángulo



A continuación se describen las distintas preparaciones de bordes empleadas de forma común en las soldaduras ejecutadas en ángulo: La decisión de realizar preparación o no en una unión en ángulo, y atendiendo sólo a razones económicas es función del espesor de las piezas a unir.



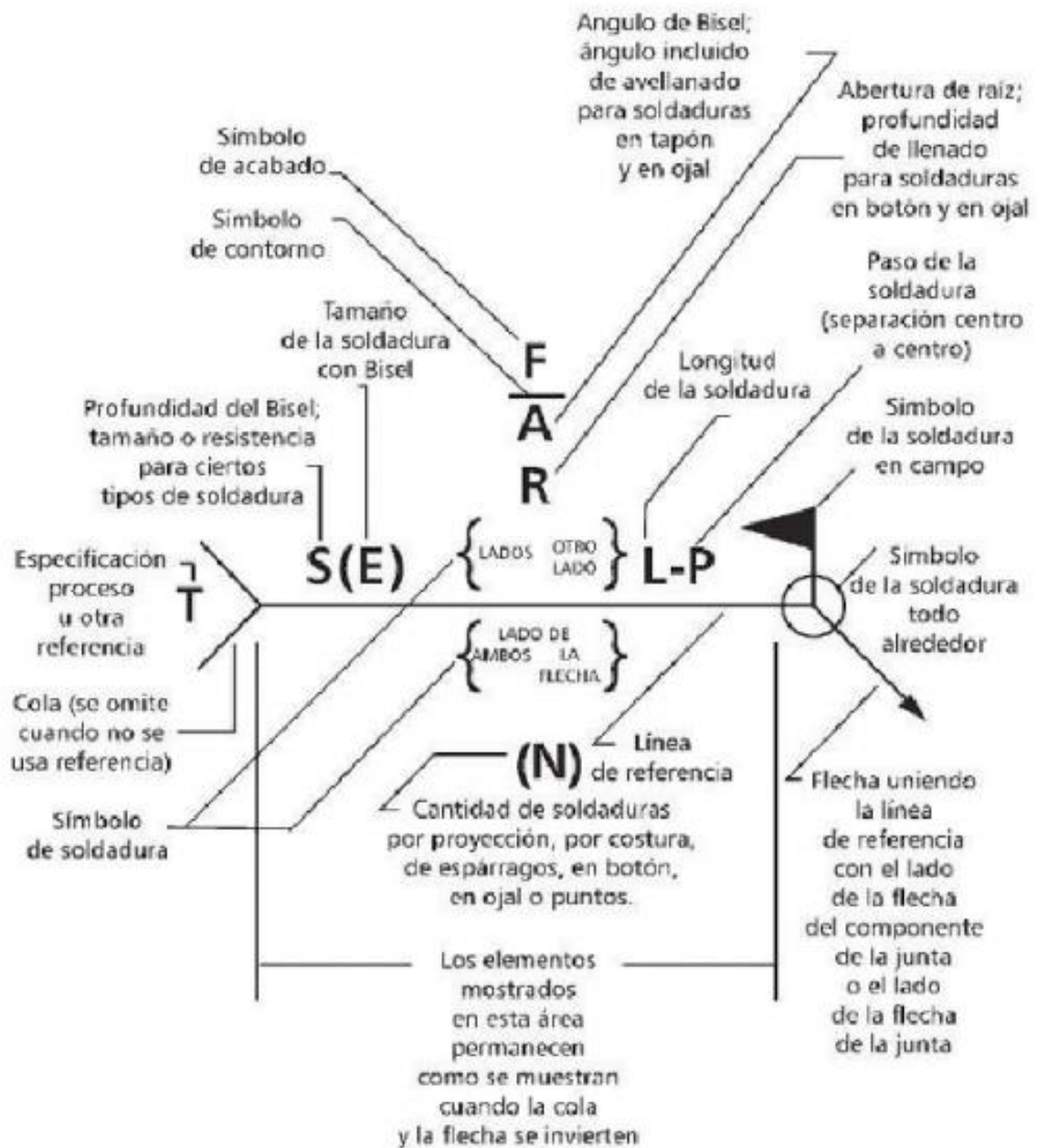
6- Simbología de la soldadura

6.1- Generalidades

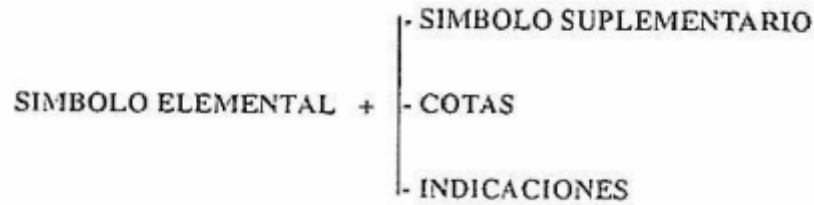
Toda la información referente al tipo de unión, dimensiones de cordón, aspecto y forma final, procedimiento a emplear, etc. se representa de forma simbólica según la norma UNE 140009-84 y de igual forma siguiendo las recomendaciones de AWS (Sociedad Americana para la Soldadura). En la siguiente figura se ilustra la forma básica de representar gráficamente la soldadura por arco eléctrico:

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado



En general, toda representación simbólica consta de:



- ✓ Símbolos elementales: Indican la forma de la soldadura a realizar.
- ✓ Símbolos suplementarios: Son los que caracterizan la superficie exterior de la soldadura. En caso de ausencia de este tipo de símbolo indicaría que no es necesario realizar una caracterización de la superficie.
- ✓ Cotas: Debe quedar indicado el espesor del cordón (la garganta si se trata de soldadura en ángulo) y la longitud a todo lo largo, en caso de no ser continua. Las uniones a tope, salvo si se indica otra cosa, se suponen de penetración total.
- ✓ Indicaciones complementarias: Se pueden añadir información adicional que aclare ciertos aspectos que interese que se conozcan, como por ejemplo, si se trata de una soldadura perimetral, que se trata de soldadura a ejecutar en obra, o que se debe ejecutar mediante procedimiento determinado.

6.2- Representaciones gráficas

Se adjunta la simbología empleada para indicar la soldadura en planos.

- Símbolos elementales:

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Nº	Designaciones	Ilustraciones	Símbolos
1	Soldaduras sobre bordes levantados (1) (bordes levantados completamente fundidos)		
2	Soldadura sobre bordes rectos		
3	Soldadura en V		
4	Soldadura en semiv V		
5	Soldadura en Y		
6	Soldadura en semiy		
7	Soldadura en U (en U)		
8	Soldadura en semiu (en U)		
9	Refuerzo por el dorso		
10	Soldadura de ángulo		

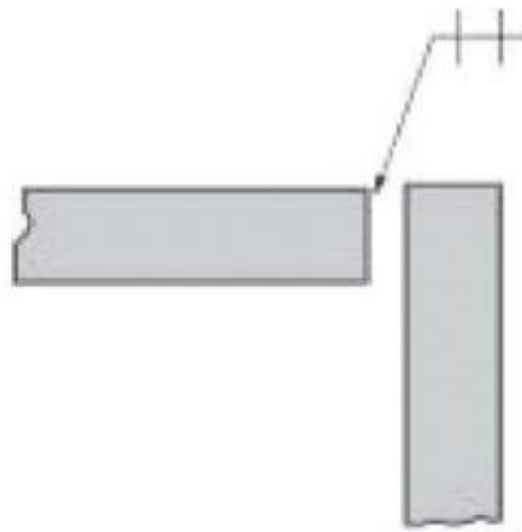
- Símbolos suplementarios:

FORMA DE LA SUPERFICIE	SIMBOLO
PLANA	
CONVEXA	
CONCAVA	

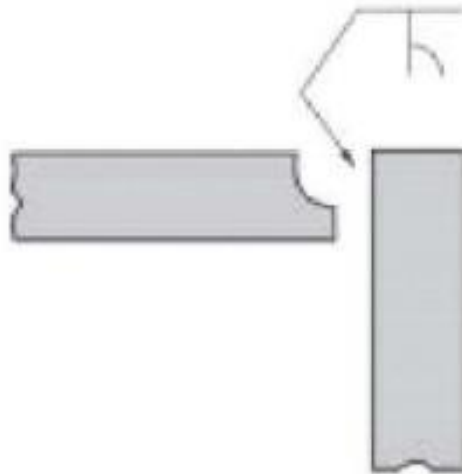
- En las figuras siguientes se exponen las distintas formas de representar a las juntas y chaflanes:

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

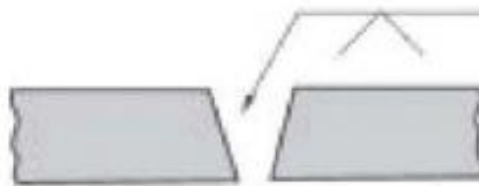
Manual de Soldador Especializado



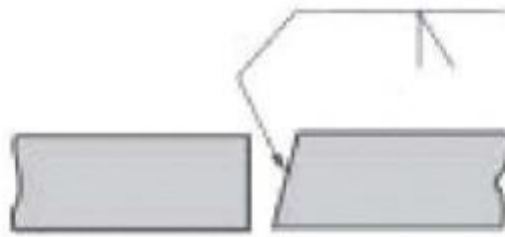
Bordes rectos



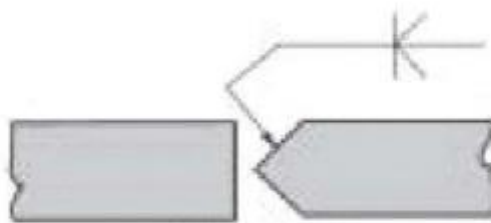
Bisel en "J"



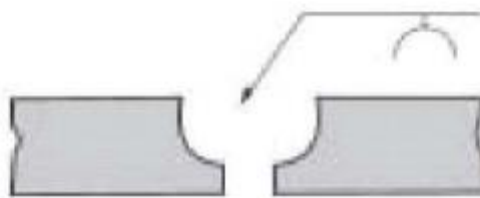
Bisel V simple



Bisel simple



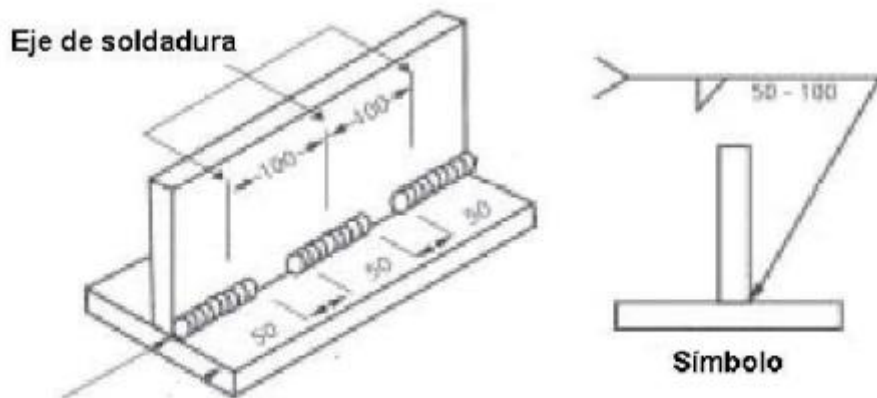
Bisel doble



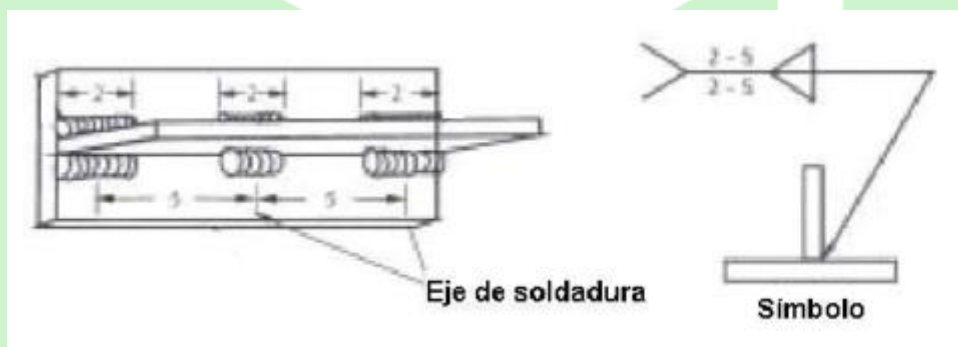
Bisel en "U"

6.3- Ejemplos de representaciones y símbolos de soldadura

A continuación se exponen algunos ejemplos de cómo representar los símbolos de soldadura para cada caso, y de cómo ubicar las dimensiones en dichos símbolos: - Longitud y separación en el caso de soldaduras discontinuas:



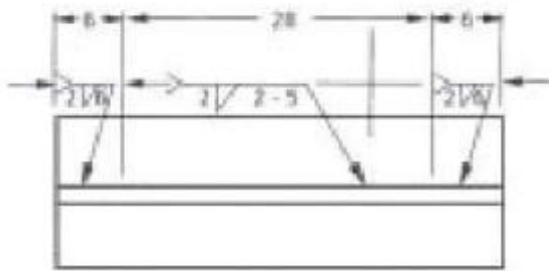
- Longitud y separación en el caso de soldaduras discontinuas opuestas:



- Longitud y separación en el caso de soldaduras discontinuas alternadas:

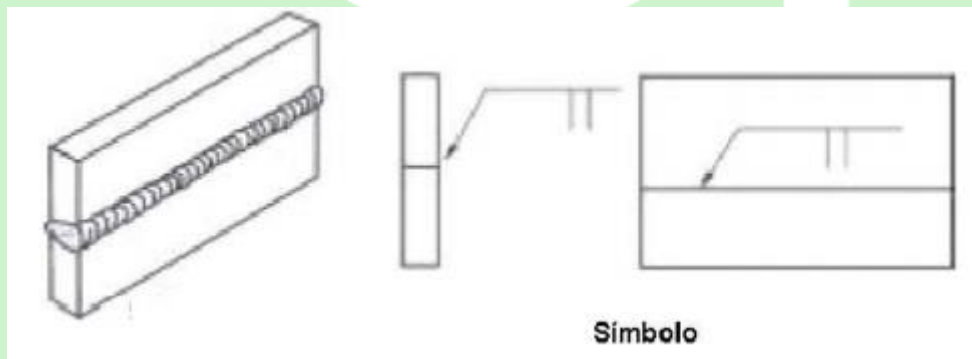


- Soldadura combinada continua y discontinua:



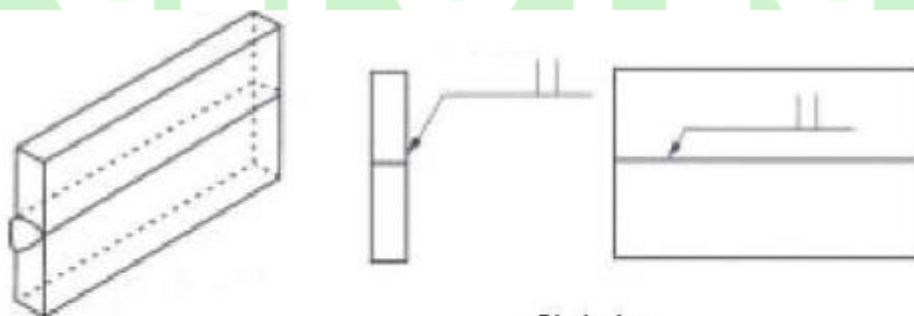
Símbolo

- Soldadura a tope sin chaflán en el lado próximo a la flecha:



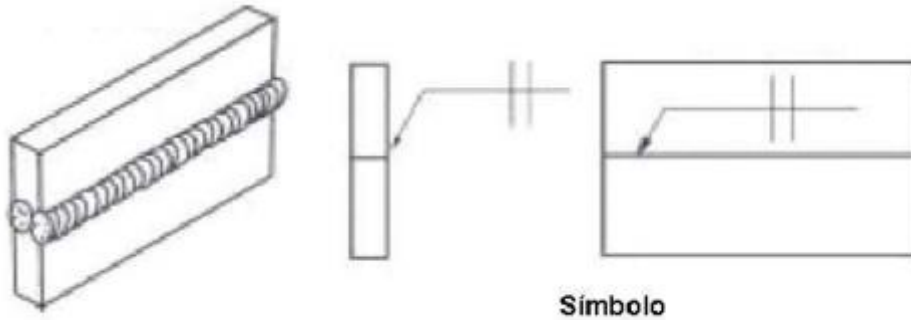
Símbolo

- Soldadura a tope sin chaflán en el lado opuesto a la flecha:

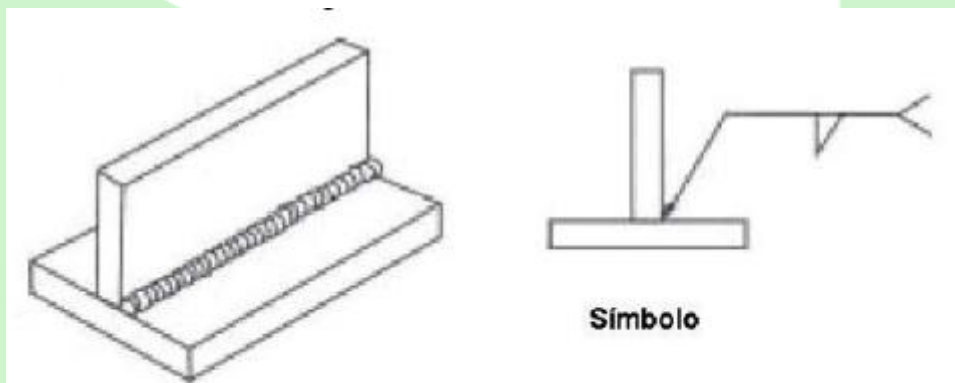


Símbolo

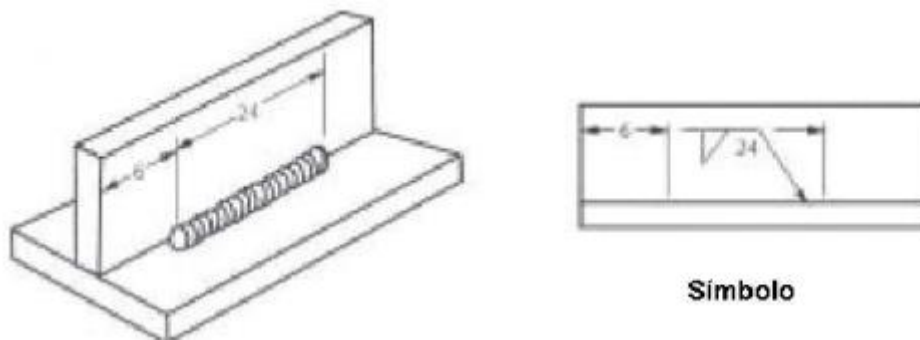
- Soldadura a tope sin chaflán a ambos lados de la flecha:



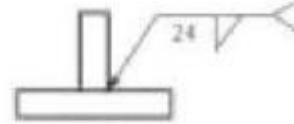
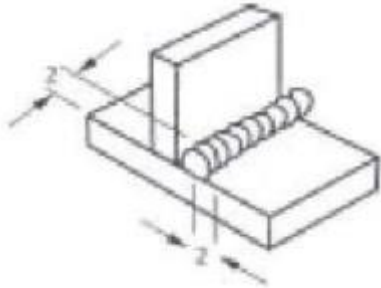
- Soldadura en ángulo continua:



- Longitud de una soldadura en ángulo:

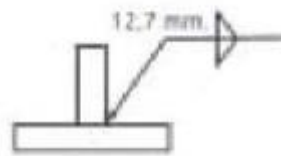
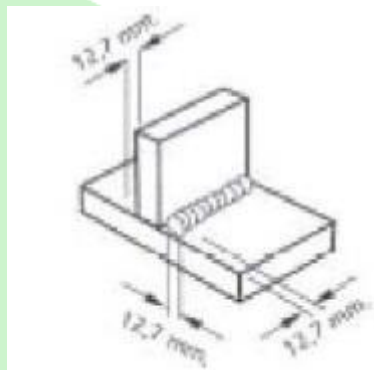


- Dimensiones de una soldadura en ángulo de un solo cordón:



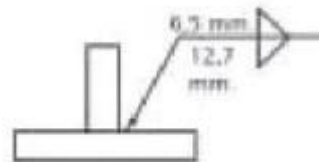
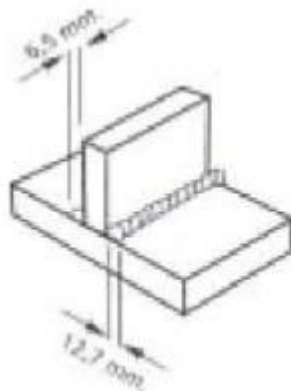
Símbolo

- Dimensiones de dos cordones iguales de una soldadura en ángulo:



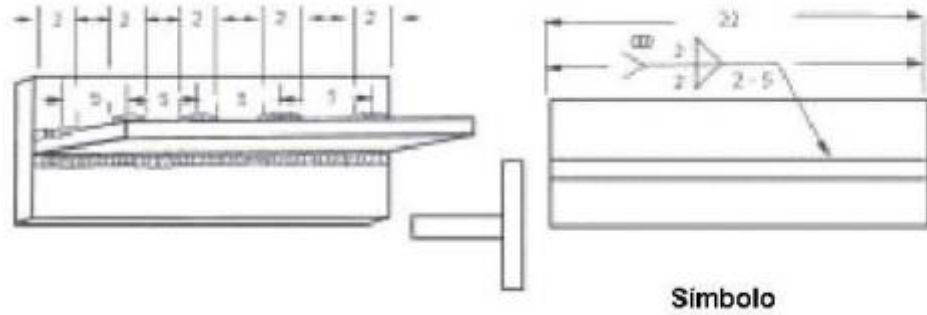
Símbolo

-Dimensiones del cordón de lados desiguales en una soldadura en ángulo:

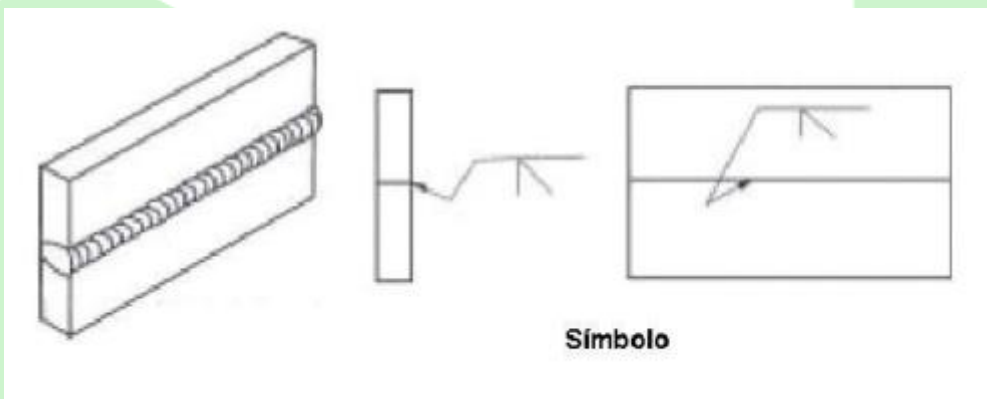


Símbolo

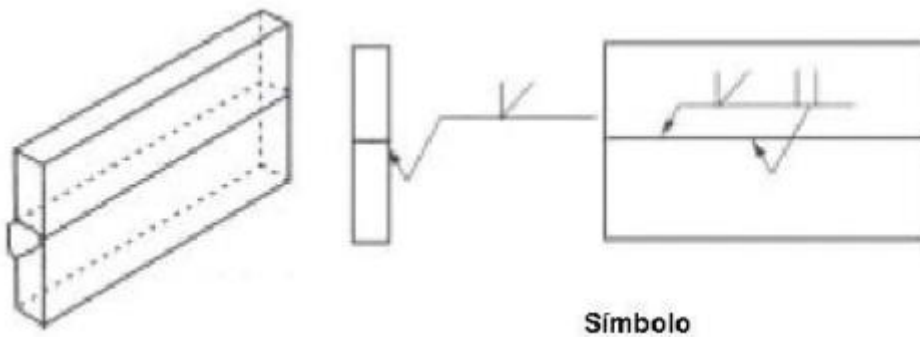
- Soldadura combinada continua y discontinua (lados opuestos de junta):



- Soldadura a tope con chaflán en el lado próximo a la flecha:



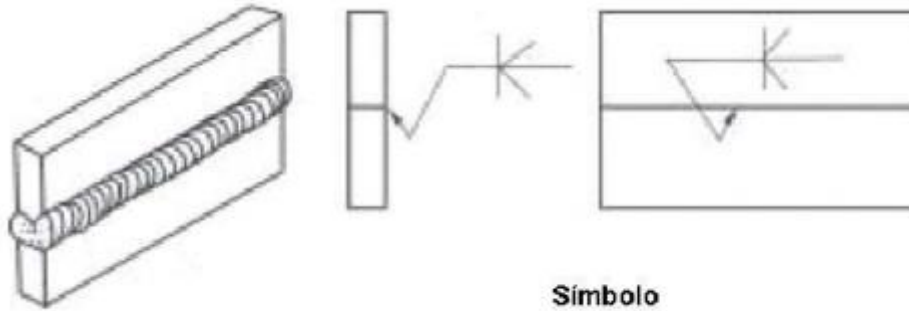
- Soldadura a tope sin chaflán del lado opuesto a la flecha:



CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

- Soldadura a tope con chaflán a ambos lados de la flecha:



- Símbolo de contorno de la cara a ras en el lado próximo a la flecha:



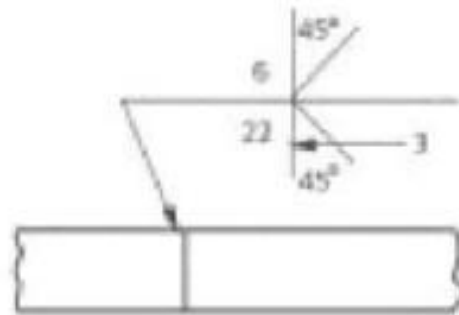
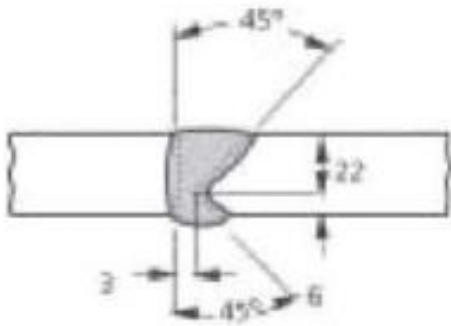
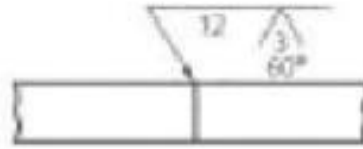
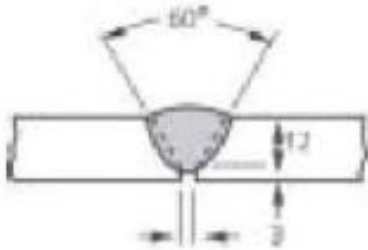
- Símbolo para el contorno de la cara a ras en el lado opuesto de la flecha:



- Símbolo para el contorno convexo de la cara de ambos lados de la flecha:



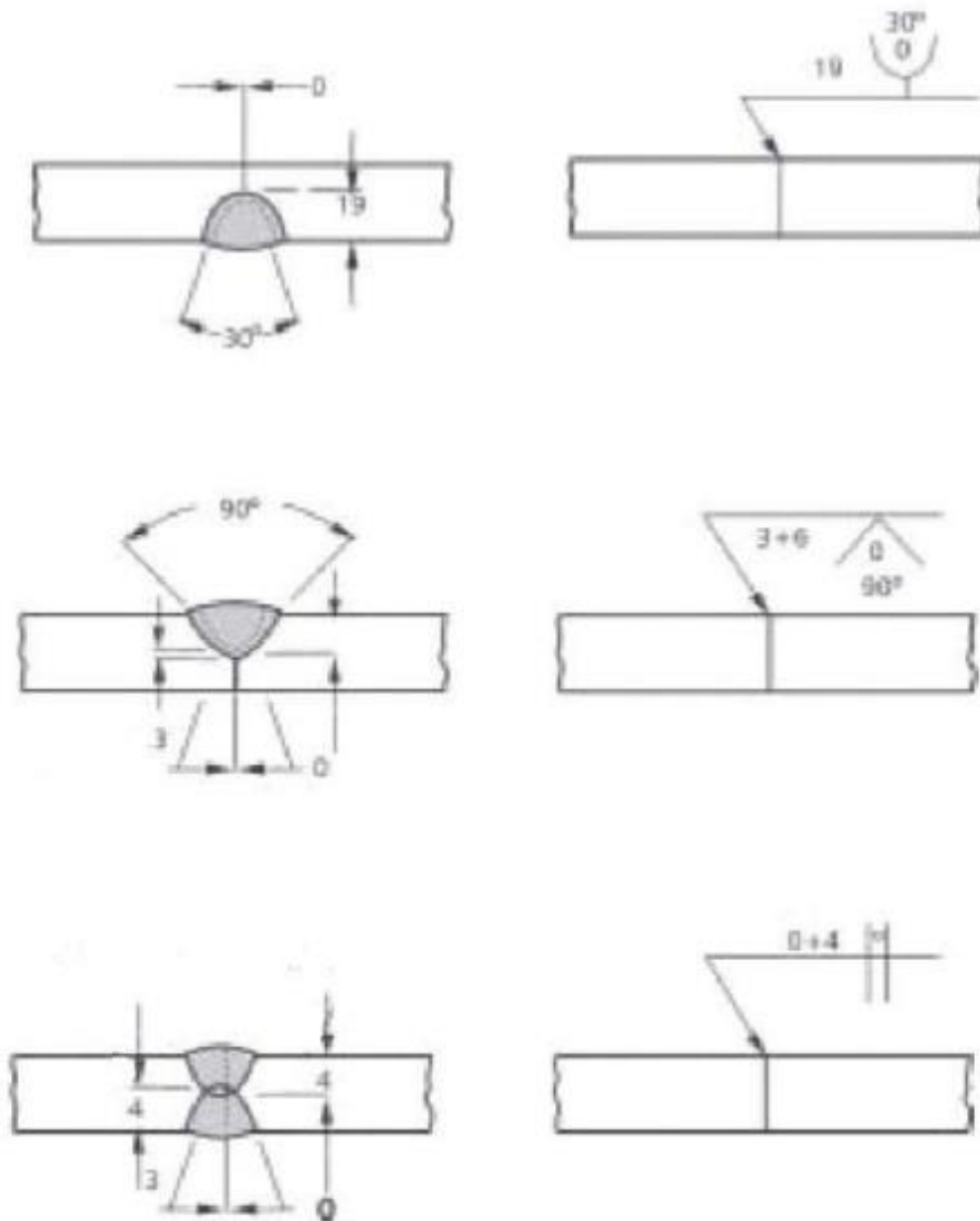
- Ejemplos de acotado:



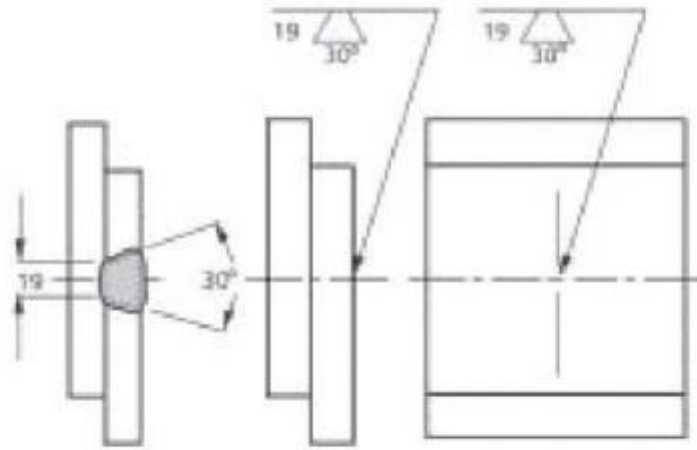
CEFOTEC

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

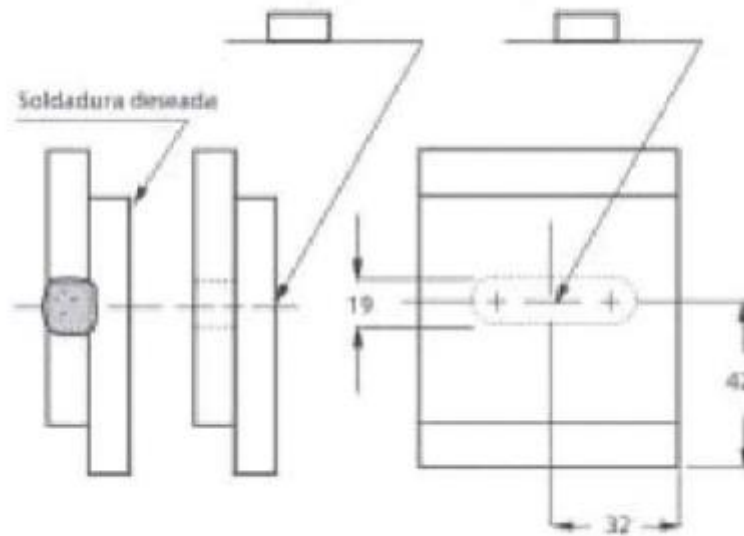
Manual de Soldador Especializado



- Ejemplos de símbolos para soldaduras de tapón y de ranura:



Símbolo



Símbolo

- Tutorial Nº 47

Clasificación de los Electrodo para Soldadura

Índice de contenidos:

1- Introducción

1.1- Generalidades

1.2- Normas de aplicación

2- Clasificación de electrodos para aceros al carbono

3- Clasificación de electrodos para aceros de baja aleación

4- Clasificación de electrodos para aceros inoxidables

5- Clasificación de electrodos para metales no ferrosos

6- Clasificación de electrodos y flujos para arco sumergido

6.1- Normas para electrodos

6.2- Normas para flujos

7- Clasificación de electrodos y flujos para soldaduras al arco con gas.



CEFOTEC

1- Introducción

1.1- Generalidades

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society (A.W.S) y a la American Society Mechanical Engineers (ASME).

Como ya se ha expuesto en otros tutoriales, las características mecánicas de los aceros dependen en gran medida del tipo de aleación incorporada durante su fabricación. Por tanto, los electrodos de material de aporte empleados para soldadura se deberán seleccionar en función de la composición química del acero que se vaya a soldar. Las diferentes características de operación de entre los electrodos existentes en el mercado son atribuidas al revestimiento que cubre al alambre del electrodo.

Por otro lado, este alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010 que tiene un porcentaje de carbono de 0.08-0.12C% para la serie de electrodos más comunes. Por lo general los aceros se clasifican de acuerdo con su contenido de carbono, esto es, acero de bajo, mediano y alto contenido en carbono.

1.2- Normas de aplicación

La A.W.S. y la A.S.M.E. son las máximas autoridades en el mundo de la soldadura que dictan las normas de clasificación de los electrodos para soldadura eléctrica que son más reconocidas internacionalmente.

En este tutorial se van a exponer los distintos criterios existentes para la clasificación de los electrodos, según la composición de los aceros a soldar y del tipo de proceso elegido.

2- Clasificación de electrodos para aceros al carbono

La especificación AWS A5.1, que se refiere a los electrodos para soldadura de aceros al carbono, trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXYZ - 1 HZR

donde, E, indica que se trata de un electrodo para soldadura eléctrica manual;

XX, son dos dígitos (ó tres si se trata de un número de electrodo de cinco dígitos) que designan la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura,

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

del metal depositado, en Ksi (Kilo libras/pulgada² , como se indican en los ejemplos siguientes:

- ✓ E 60XX ... 62000 lbs/pulg² mínimo (62 Ksi)
- ✓ E 70XX ... 70000 lbs/pulg² mínimo (70 Ksi)
- ✓ E110XX ... 110000 lbs/pulg² mínimo (110 Ksi)
- ✓ Y, el tercer dígito indica la posición en la que se puede soldar satisfactoriamente con el electrodo en cuestión. Así si vale 1 (por ejemplo, E6011) significa que el electrodo es apto para soldar en todas posiciones (plana, vertical, techo y horizontal), 2 si sólo es aplicable para posiciones planas y horizontal; y si vale 4 (por ejemplo E 7048) indica que el electrodo es conveniente para posición plana, pero especialmente apto para vertical descendente.
- ✓ Z, el último dígito, que está íntimamente relacionado con el anterior, es indicativo del tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo, e identifica a su vez el tipo de revestimiento, el que es calificado según el mayor porcentaje de materia prima contenida en el revestimiento. Por ejemplo, el electrodo E 6010 tiene un alto contenido de celulosa en el revestimiento, aproximadamente un 30% o más, por ello a este electrodo se le califica como un electrodo tipo celulósico.

A continuación se adjunta una tabla interpretativa para el último dígito, según la clasificación AWS de electrodos:



CEFOTEC

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX10	CCPI Polaridad inversa	Orgánico ⁽¹⁾	Fuerte	Profunda ⁽²⁾
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
E XX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
E XX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
E XX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
E XX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
E XX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

⁽¹⁾ E 6010: Orgánico; E 6020: Mineral; E 6020: CA y CC polaridad directa.

⁽²⁾ E 6010: profunda; E 6020: Media.

Por otro lado, los códigos para designación que aparecen después del guión son opcionales e indican lo siguiente:

- ✓ 1, designa que el electrodo (E 7016, E 7018 ó E 7024) cumple con los requisitos de impacto mejorados E y de ductilidad mejorada en el caso E 7024;
- ✓ HZ, indica que el electrodo cumple con los requisitos de la prueba de hidrógeno difusible para niveles de "Z" de 4.8 ó 16 ml de H₂ por 100gr de metal depositado (solo para electrodos de bajo hidrógeno).
- ✓ R, indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de absorción de humedad a 80°F y 80% de humedad relativa (sólo para electrodos de bajo hidrógeno).

3- Clasificación de electrodos para aceros de baja aleación

La especificación AWS A5.5. que se aplica a los electrodos para soldadura de aceros de baja aleación utiliza la misma designación de la AWS A5.1. con excepción de los códigos para designación que aparecen después del guión opcionales. En su lugar, utiliza sufijos que constan de una letra o de una letra y un número (por ejemplo A1, B1, B2, C1, G, M, etc.), los cuales indican el porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura, de acuerdo al siguiente cuadro:

A1	0.5% Mo
B1	0.5% Cr, 0.5% Mo
B2	1.25% Cr, 0.5% Mo
B3	2.25% Cr, 1.0% Mo
B4	2.0% Cr, 0.5% Mo
B5	0.5% Cr, 1.0% Mo
C1	2.5% Ni
C2	3.25% Ni
C3	1.0% Ni, 0.35% Mo, 0.15% Cr
D1 y D2	0.25-0.45% Mo, 1.75% Mn
G(*)	0.5% mín. Ni, 0.3% mín. Cr, 0.2% mín Mo, 0.1% mín. V, 1.0% mín Mn

(*) Solamente se requiere un elemento de esta serie para alcanzar la clasificación G.

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

A continuación se adjunta una tabla resumen donde se indica el tipo de corriente y revestimiento del electrodo según la norma AWS:

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Posición de soldeo	Corriente eléctrica
E 6010	Alta celulosa, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 6011	Alta celulosa, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC(+)
E 6012	Alto titanio, sodio	F, V, OH, H	CA, CC (-)
E 6013	Alto titanio, potasio	F, V, OH, H	CA, CC (+) ó CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	H-Filete	CA, CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7014	Hierro en polvo, titanio	F, V, OH, H	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7015	Bajo hidrógeno, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 7016	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7018	Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7018M	Bajo hidrógeno, hierro en polvo	F, V, OH, H	CC (+)
E 7024	Hierro en polvo, titanio	H-Filete, F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	H-Filete	CA, CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	F	CA, CC (+) ó CC (-)
E 7028	Bajo hidrógeno, potasio	H-Filete, F	CA ó CC (+)
E 7028	Hierro en polvo		
E 7048	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA ó CC (+)
E 7047	Hierro en polvo	F, V, OH, HV-Descendente	

Según las normas AWS las posiciones de soldeo son:

F: plana;

H: horizontal;

H-Filete: filete horizontal;

V-Descendente: vertical descendente;

V: vertical;

OH: techo ó sobrecabeza.

4- Clasificación de electrodos para aceros inoxidables

La especificación AWS A5.4 dicta las normas de clasificación de electrodos para soldar aceros inoxidables.

Como los casos anteriores, el sistema de clasificación de estos electrodos también es numérico. Como muestras de clasificación de estos tipos de electrodos son, por ejemplo, E 308-15, ó E 310-16

Antes de entrar en la explicación del sistema, es conveniente resaltar que los aceros inoxidables sean identificados de acuerdo a lo que indica la AISI. Así por ejemplo, el acero inoxidable AISI 310 corresponde a un acero cuya composición química es del 25% de Cr y el 20% de Ni, entre sus elementos principales.

La especificación AWS A5.4, que se refiere a los electrodos para soldadura de aceros inoxidables, trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXX-YZ

donde,

E, indica que se trata de un electrodo para soldadura por arco;

XXX, indica la numeración que se corresponde a la Clase AISI de acero inoxidable, para el cual está destinado el electrodo.

Y, el penúltimo número indica la posición en que puede utilizarse. Así de los ejemplos E 308-15, ó E 310-16, el "1" indica que el electrodo es apto para todas las posiciones.

Z, el último número de los ejemplos anteriores (5 y 6) señala el tipo de revestimiento, la clase de corriente y la polaridad a utilizarse, en la forma siguiente:

5: significa que el electrodo tiene un revestimiento alcalino que debe utilizarse únicamente con corriente continua y polaridad inversa (el cable del porta-electrodo al polo positivo);

6: significa que el electrodo tiene un revestimiento de titanio, que podrá emplearse con corriente alterna o corriente continua.

En caso de utilizarse con corriente continua ésta debe ser con polaridad inversa (el cable del porta-electrodo al polo positivo).

En algunos casos se podrá encontrar que en la denominación del electrodo aparece un índice adicional al final con las letras ELC, que significa que el depósito del electrodo tiene un bajo contenido de carbono (E: extra; L: bajo/low ; C: carbono).

5- Clasificación de electrodos para metales no ferrosos

La especificación AWS A5.15 dicta las normas de clasificación de electrodos para soldar metales no ferrosos. En este caso el sistema de clasificación de estos electrodos es simbólico, es decir, que se indica el símbolo químico del elemento o elementos metálicos predominantes en el análisis del núcleo metálico del electrodo.

El sistema utiliza el prefijo E, que significa que el producto es un electrodo para soldar, seguido de los elementos considerados significativos. Por ejemplo E Cu Sn A, los símbolos indican que el electrodo está compuesto básicamente de cobre (Cu) y estaño (Sn).

Por último, el caso concreto para soldadura de hierro fundido, la denominación del electrodo termina con las letras CI. Por ejemplos, E ni-CI, E ni Fe-CI, etc.

6- Clasificación de electrodos y flujos para arco sumergido

6.1- Normas para electrodos

La especificación AWS A5.17 dicta las normas de clasificación de electrodos por proceso de arco sumergido para aceros al carbono.

Esta especificación identifica los electrodos con el prefijo E (electrodo para arco eléctrico), seguido de la letra que indica el contenido de manganeso y que puede ser L (bajo), M (medio) ó H (alto).

A continuación sigue uno o dos dígitos que dan el contenido nominal de carbono en centésima de porcentaje.

Finalmente, algunos electrodos traerán una letra K para significar que es un producto obtenido de un acero calmado al silicio. Las propiedades mecánicas del depósito dependen del fundente que se use con cada electrodo. La denominación completa del fundente y electrodo puede ser, por ejemplo, la siguiente:

F6A2 EM12K

donde cada término significa:

F: Fundente.

6: 60.000 Psi de resistencia a la tracción mínima.

A: Propiedades mecánicas obtenidas sin tratamiento post soldadura (as welded).

2: Resistencia al impacto de 27 mínimo a 20°F.

E: Electrodo.

M: Contenido medio de manganeso.

12: 0.12% de carbono (nominal).

K: Acero calmado.

Electrodo AWS	Composición Química (%)			
	Carbono	Manganeso	Silicio	Otros
EL 8	a 0,10	0,30-0,55	0,05	0,5
EL 8 K	a 0,10	0,30-0,55	0,10-0,20	0,5
EL 12	0,07-0,15	0,35-0,60	0,05	0,5
EM 5 K	0,06	0,90-1,40	0,4-0,7	0,5
EM 12	0,07-0,15	0,85-1,25	0,05	0,5
EM 12 K	0,07-0,15	0,85-1,25	0,15-0,35	0,5
EM 13 K	0,07-0,19	0,90-1,40	0,45-0,70	0,5
EM 15 K	0,12-0,20	0,85-1,25	0,15-0,35	0,5
EH 14	0,10-0,18	1,75-2,25	0,05	0,5

6.2- Normas para flujos

La norma para fundentes identifica los flujos con el prefijo F (de flujo), seguido de dos dígitos, que representan los valores medios de resistencia a la tracción y su especificación bajo condiciones de impacto. A continuación se añaden cuatro dígitos adicionales que representan el electrodo en la combinación para determinar las propiedades.

Se adjunta tabla representativa:

Flujos AWS	Resistencia a la tracción, psi	Límite de fluencia (0,2%), psi	Elongación en 2" %	Charpa-V pie/lb.
F60-XXXX	62000 a 80000	50000	22	No requiere
F61-XXXX				20 a 0°F
F62-XXXX				20 a 20°F
F63-XXXX				20 a 40°F
F64-XXXX				20 a 60°F
F70-XXXX	72000 a 95000	60000	22	No requiere
F71-XXXX				20 a 0°F
F72-XXXX				20 a 20°F
F73-XXXX				20 a 40°F
F74-XXXX				20 a 60°F

7- Clasificación de electrodos para soldaduras al arco con gas

La especificación AWS A5.18 dicta las normas de clasificación del material de aporte para procesos de soldadura con protección gaseosa (MIG/MAG, TIG y plasma). En este caso, los electrodos se denominan de la siguiente forma:

ERXX-SX

donde cada término significa lo siguiente:

E: indica electrodo para soldadura por arco (sólo caso MIG/MAG).

R: indica aporte que funde por un medio diferente que el que conduce la corriente del arco eléctrico (sólo caso TIG y plasma).

XX: indica la resistencia a la tracción nominal del depósito de soldadura (igual para todos los casos).

S: indica que el electrodo es sólido.

X: último número que indica la composición química del electrodo.

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Se adjunta la siguiente tabla representativa de lo anteriormente explicado:

AWS Clasificación	Gas Protector	Corriente y Polaridad	Resistencia a la Tracción
GRUPO A: ELECTRODOS DE ACERO DE BAJO CARBONO			
E 60S-1	Argón-Ia 5% O ₂	C.C. Polaridad Inversa	62 000
E 60S-2	Argón-Ia 5% O ₂ ó CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	62 000
E 60S-3	Argón-Ia 5% O ₂ ó CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	62 000
E 70S-4	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70S-5	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70S-6	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 80S-G	No especifica	No especifica	72 000
GRUPO B: ELECTRODOS DE BAJA ALEACIÓN			
E 70S - IB	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70S - GB	No especifica	No especifica	72 000
GRUPO C: ELECTRODOS EMISIVOS			
E 70 U-I	Argón-Ia 5% O ₂ ó Argón	C.C. Polaridad Directa	72 000
ELECTRODOS TUBULARES			
E 70T-1	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-2	CO ₂	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-3	Ninguno	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-4	Ninguno	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-5	CO ₂ Ninguno	C.C. Polaridad Inversa	72 000
E 70T-G	No especifica	No especifica	72 000

- Tutorial Nº 52

Técnica y Fundamentos de la Soldadura TIG Índice de contenidos:

1- Introducción

1.1- Generalidades

1.2- Evolución histórica

2- Descripción del procedimiento TIG

2.1- Principios del proceso

2.2- Equipamiento

2.3- Material de aporte

2.4- Gases de protección

2.5- Electrodo

2.6- Tipos de corriente eléctrica

3- Técnica operatoria de soldeo

3.1- Generalidades

3.2- Distancias

3.3- Ángulo

3.4- Caudal de gas

3.5- Material de aporte

3.6- Afilado del electrodo

3.7- Intensidad de corriente

3.8- Limpieza

1- Introducción

1.1- Generalidades

En este tutorial se continúa con el estudio de los diferentes procedimientos existentes para la soldadura.

En este caso se dedica su contenido al procedimiento de soldadura TIG. Este es un procedimiento de soldeo donde la protección del baño de fusión se va a encomendar al establecimiento de una atmósfera artificial mediante un gas protector, y el empleo de un electrodo no consumible.

Si se persigue obtener cordones de soldadura con calidad, éste es el procedimiento más adecuado. No obstante su dificultad de realización es alta, y requiere la pericia de un operario altamente cualificado.

1.2- Evolución histórica

A continuación se resume aquellos hitos que fueron concluyentes en el avance, en general de la técnica de soldar bajo gas protector, hasta nuestros días:

- 1.919: se llevan a cabo las primeras investigaciones sobre el uso de gases de protección en los procesos de soldeo. Estas investigaciones versaron principalmente sobre los dos grandes grupos de gases, a saber, inertes (caso del Helio y Argón) o activos (CO₂). No obstante, el empleo de este último tipo de gas inducía que se produjeran la aparición de proyecciones y poros en el cordón una vez solidificado éste; pero por otro lado, el poder calorífico alcanzado por el arco utilizando un gas activo es muy superior al alcanzado empleando un gas noble;
- 1.924: es el año donde aparece la primera patente TIG registrada por los americanos Devers y Hobard;
- 1.948: es el año donde comienza a emplearse gas inerte con electrodo consumible, dando lugar a lo que más tarde será conocido como procedimiento MIG. Este tipo de procedimiento tenía el inconveniente que era poco el grado de penetración que se alcanzaba en los aceros;
- 1.952: es el año donde comienza a emplearse gas activo con electrodo consumible, dando lugar a lo que más tarde será conocido como procedimiento MAG;

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

- 1.950: se van desarrollando procedimientos de automatización de los procesos de soldeo, gracias a las mejoras conseguidas en los equipos de soldeo y en la fabricación de los materiales de aporte. Por ejemplo, para disminuir las proyecciones se empezaron a emplear como material de aporte hilos huecos rellenos en su interior de revestimiento, o el empleo de mezclas de gases nobles y activos.

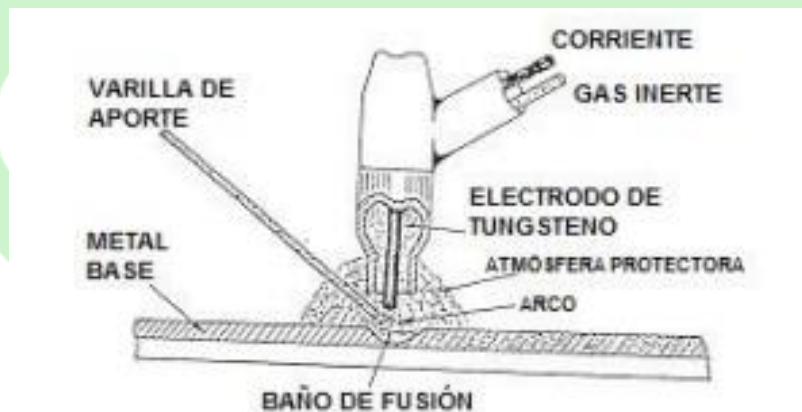
2- Descripción del procedimiento TIG

2.1- Principios del proceso

Es un procedimiento de soldadura con electrodo refractario bajo atmósfera gaseosa. Esta técnica puede utilizarse con o sin metal de aportación. El gas inerte, generalmente Argón, aísla el material fundido de la atmósfera exterior evitando así su contaminación.

El arco eléctrico se establece entre el electrodo de tungsteno no consumible y la pieza.

El gas inerte envuelve también al electrodo evitando así toda posibilidad de oxidación. Como material para la fabricación del electrodo se emplea el tungsteno. Se trata de un metal escaso en la corteza terrestre que se encuentra en forma de óxido o de sales en ciertos minerales. De color gris acerado, muy duro y denso, tiene el punto de fusión más elevado de todos los metales y el punto de ebullición más alto de todos los elementos conocidos, de ahí que se emplee para fabricar los electrodos no consumibles para la soldadura TIG.



A continuación se define los parámetros que caracterizan a este tipo de procedimiento:

- Fuente de calor: por arco eléctrico;

- Tipo de electrodo: no consumible;
- Tipo de protección: por gas inerte;
- Material de aportación: externa mediante varilla, aunque para el caso de chapas finas se puede conseguir la soldadura mediante fusión de los bordes sin aportación exterior;
- Tipo de proceso: fundamentalmente es manual;
- Aplicaciones: a todos los metales;
- Dificultad operatoria: mucha.

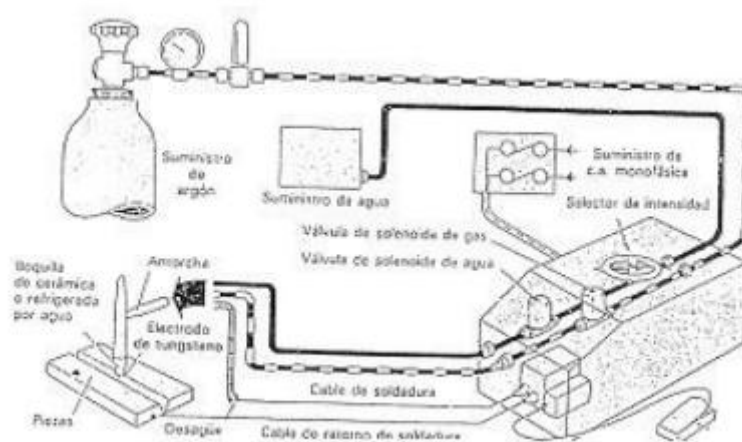
La soldadura que se consigue con este procedimiento puede ser de muy alta calidad, siempre y cuando el operario muestra la suficiente pericia en el proceso.

Permite controlar la penetración y la posibilidad de efectuar soldaduras en todas las posiciones. Es por ello que sea éste el método empleado para realizar soldaduras en tuberías.

Una variante de este proceso es el llamado TIG pulsado, donde la corriente que se aplica varía entre dos niveles a frecuencias que dependen del tipo de trabajo, consiguiéndose mejorar el proceso de cebado. Para este caso el tipo de corriente a emplear es alterna. El TIG pulsado tiene aplicación sobre todo para pequeños espesores.

2.2- Equipamiento

Para llevar a cabo la soldadura mediante el procedimiento TIG es necesario el siguiente equipo básico:



- Generador de corriente CC y/o CA de característica descendente;
- Generador de alta frecuencia o de impulsos, que mejora la estabilidad del arco en caso de empleo de CA, y facilita el cebado;
- El circuito de gas;
- Pinza Porta-electrodo;
- Circuito de refrigeración;
- Órganos de control; La pinza termina formando una tobera por donde sale el gas, sobresaliendo por su centro el electrodo.

A continuación, se expone un ejemplo de la pinza porta-electrodos para soldaduras TIG:



Figura 3. Pinza porta-electrodo

Como ya se ha dicho, el procedimiento TIG es de aplicación para todo tipo de metales y en soldaduras con responsabilidad, debido a la gran calidad de los cordones que se obtienen.

No obstante, requiere cierta pericia en la fase inicial de cebado del arco, debido a la posibilidad que existe que durante esta fase se produzca que el extremo del electrodo toque la pieza.

Si esto ocurre puede originarse la contaminación del baño con restos del electrodo que puedan desprenderse.

En ocasiones la soldadura TIG se emplea en combinación con otros procesos, siendo el ejecutado mediante TIG el primer cordón de soldadura que se deposite. Para espesores de piezas a soldar superiores a los 6-8 mm. este procedimiento no resulta económico.

2.3- Material de aporte

Cuando se utilice material de aportación para la soldadura, éste debe ser similar al material base de las piezas a soldar. Este procedimiento no genera escorias al no emplearse revestimientos en el electrodo, ni tampoco se forman proyecciones.

Normalmente las varillas empleadas como producto de aporte son de varios diámetros en función de los espesores de las piezas a unir.

2.4- Gases de protección

A continuación se relacionan los principales gases empleados en la soldadura TIG:

- **Argón (Ar):**

Este gas ofrece buena estabilidad del arco y facilidad de encendido. Además ofrece una baja conductividad térmica, lo que favorece a la concentración de calor en la parte central del arco, originándose por ello una penetración muy acusada en el centro del cordón. Cuando se usa este gas el aspecto típico del cordón es como el que se muestra en la figura adjunta:

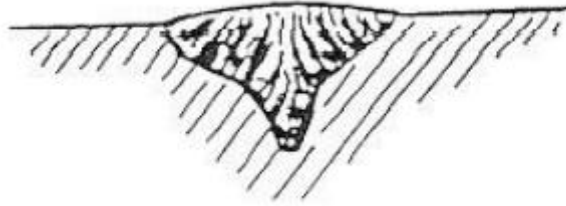


Figura 4. Aspecto de cordón de soldadura usando Argón

- **Helio (He):**

Este gas es muy poco utilizado en Europa. Es necesario aplicar mayor tensión en el arco, consiguiéndose una penetración menor y cordones más anchos.

Por otro lado, su uso exige emplear mayor caudal de gas que si se empleara el argón.

- **Mezcla de Argón-Helio:**

Empleando la mezcla de ambos gases se obtienen características intermedias. No obstante, sólo se suele emplear para el soldeo del cobre, dado que esta mezcla de gases contribuye a la figuración en frío del acero.

- **Mezcla de Argón-Hidrógeno:**

Su uso aumenta el poder de penetración de la soldadura. Se restringe su uso para soldar aceros inoxidable, dado que aumenta la posibilidad de la figuración en frío para otros aceros.

2.5- Electrodo

Los electrodos empleados en la soldadura TIG deben ser tales en su naturaleza y diseño, que garanticen un correcto cebado y mantenimiento del arco eléctrico. Por otro lado, al no ser consumibles, deben estar constituidos de materiales con un elevadísimo punto de fusión (>4.000 °C) que eviten su degradación.

Entre los materiales existentes es el Tungsteno, en estado puro o aleado, el que mejor cumple con las condiciones exigibles.

También se suele utilizar con ciertos componentes añadidos a su composición.

Estos elementos aleantes favorecen ciertos aspectos, como el encendido del arco y además mejoran su estabilidad, a parte de mejorar también el punto de fusión del tungsteno puro. Así se suele utilizar como material para los electrodos el tungsteno aleado con torio (Th) o con circonio (Zr). Los electrodos se presentan en forma cilíndrica con una gama de diámetros de 1,6; 2,4 y 3,2 mm. Cabe destacar la importancia del afilado en el extremo del electrodo, que incide de manera decisiva en la calidad de la soldadura, como se muestra en la figura siguiente:



Figura 5. Influencia del afilado del electrodo en la calidad de la soldadura

2.6- Tipos de corriente eléctrica

Para las soldaduras TIG se puede emplear tanto la corriente continua como alterna. En la figura siguiente se expone los resultados del empleo de uno u otro tipo de corriente:

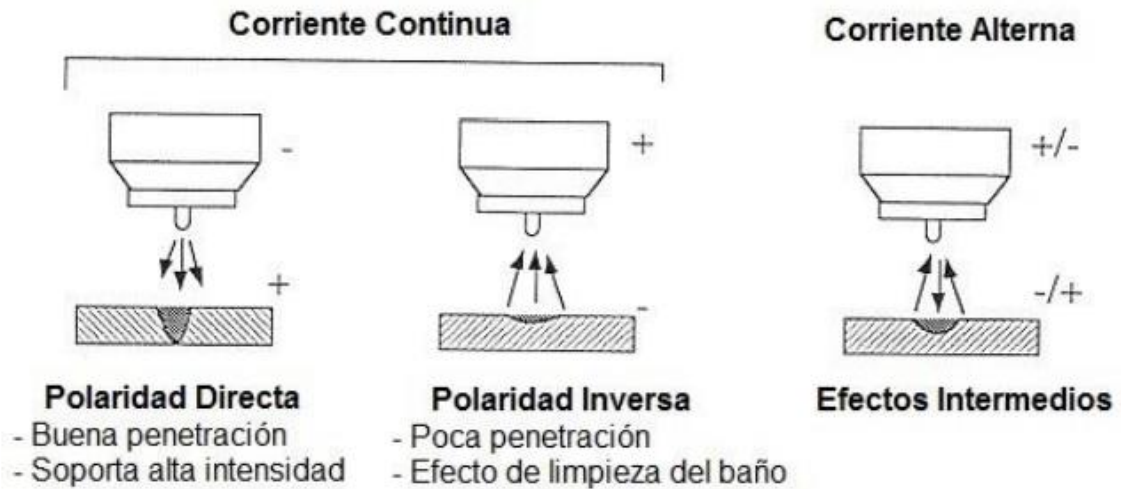


Figura 6. Influencia del tipo de corriente en la calidad de la soldadura

Para el caso de uso de Corriente Alterna (CA) se obtienen unos efectos intermedios en el aspecto del cordón, además de precisar de un generador de alta frecuencia para estabilizar el arco.

Lo habitual en TIG es emplear corriente continua en polaridad directa, debido a que los electrodos con esta configuración alcanzan menor temperatura, y por lo tanto se degradan menos.

A continuación se adjunta una tabla donde, en función del material y tipo de corriente empleada, se resume la calidad de soldadura obtenida:

CEFOTEC

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Material	CA	CCPD	CCPI
Magnesio e < 3 mm.	MB	M	B
Magnesio e > 4 mm.	MB	M	M
Aluminio e < 2,5 mm.	MB	M	B
Aluminio e > 2,5 mm.	MB	M	B
Acero Inoxidable	B	MB	M
Aleaciones de Bronce	B	MB	M
Plata	B	MB	M
Aleaciones de Cr y Ni	B	MB	M
Aceros bajo en C (e < 0,8 mm.)	B	MB	M
Aceros bajo en C (e < 3 mm.)	M	MB	M
Aceros altos en C (e < 0,8 mm.)	B	MB	M
Aceros altos en C (e < 3 mm.)	B	MB	M



CEFOTEC

De donde se tiene la siguiente leyenda,

CA: Corriente Alterna;
CCPD: Corriente Continua Polaridad Directa;
CCPI: Corriente Continua Polaridad Inversa.

Y el criterio de soldabilidad representado en la tabla es:

MB: Muy buena;
B: Buena;
M: Mala.

3- Técnica operatoria de soldeo

3.1- Generalidades

A continuación se expone una serie de recomendaciones de uso que defina los valores de aquellos parámetros que más influyen en la calidad de la soldadura final, con el objetivo de conseguir cordones de soldadura óptimos aplicando esta técnica de soldeo.

3.2- Distancias

En la técnica TIG es muy importante la distancia que separa el electrodo de la pieza, que influye en el mantenimiento del arco eléctrico, así como el tramo de electrodo que sobresale de la tobera de la pinza, recomendándose los siguientes valores según la figura adjunta:

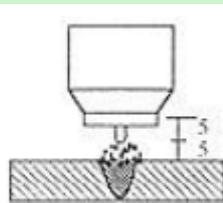


Figura 7. Distancias entre electrodo y pieza

5 mm como máximo de salida del electrodo fuera de la tobera;

5 mm como máximo para la distancia de la punta del electrodo a la pieza.

3.3- Ángulo

Otro factor importante que se debe controlar es la inclinación de la pinza porta-electrodos. Lo ideal sería a 90° con la pinza totalmente perpendicular a la pieza, pero se puede admitir una inclinación entre 75° y 80° , a fin de facilitar el trabajo y el control visual del cordón. En todo caso, hay que recalcar la idea que una mayor inclinación va en detrimento de la protección de la soldadura, dado que se produce una peor incidencia de la campana de gas protector sobre el baño.

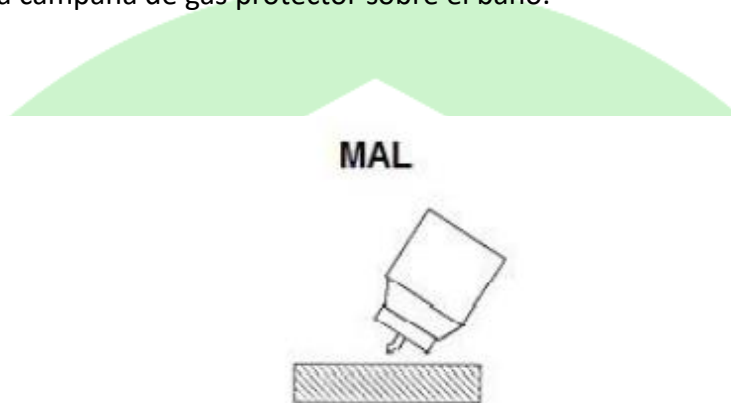


Figura 8. Ángulo de inclinación respecto a la vertical 30°



Figura 9. Ángulo de inclinación respecto a la vertical entre 0° y 15°

3.4- Caudal de gas

El caudal de gas para que la soldadura resulte óptima estaría comprendido entre los 6 y 12 litros/minuto.

3.5- Material de aporte

Durante el proceso de soldadura se debe tener la precaución de mantener dentro del flujo de gas la parte caliente de la varilla con el material de aporte, dado que si sale fuera del flujo de protección éste se oxidaría perdiendo propiedades.

3.6- Afilado del electrodo

Ya se comentó la importancia del afilado del extremo del electrodo para la estabilidad del arco eléctrico. Durante el proceso de mecanizado de la punta del electrodo para obtener su afilado se debe tener la precaución de dejar que las estrías queden perpendiculares a la corriente. Con ello se conseguiría que el arco salga más centrado. Si no se sigue esta recomendación se corre el peligro de que el arco resulte errático durante la soldadura. Para su afilado se recomienda también utilizar una piedra esmeril fina.

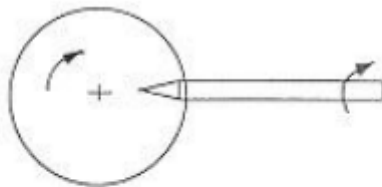


Figura 10. Afilado del electrodo

3.7- Intensidad de corriente

La intensidad de corriente requerida será función del diámetro del electrodo que utilizemos. A continuación se relaciona los valores estimados de corriente:

Diámetro (mm.)	Intensidad (A)
1,6	70-150
2,0	100-200
2,4	150-250
3,0	250-400

3.8- Limpieza

Como en todo proceso de soldadura, la presencia de grasas, aceites, óxidos, etc... son fuente de contaminación del baño fundido, lo que interfiere negativamente en la calidad final del cordón que se obtenga.



CEFOTEC

- Tutorial Nº 53

Fundamentos de la Soldadura MIG-MAG

Índice de contenidos:

1- Introducción

1.1- Generalidades

1.2- Evolución histórica

2- Descripción del procedimiento MIG-MAG

2.1- Principios del proceso

2.2- Equipamiento

2.3- Material de aporte

2.4- Gases de protección

2.5- Tipo de corriente eléctrica

2.6- Alimentador de hilo

2.7- Toberas

3- Modo de transferencia

3.1- Por spray ("spray transfer")

3.2- Por cortocircuito ("short arc ó "dip transfer")

3.3- Globular ("globular transfer")

4- Factores influyentes

4.1- Polaridad de corriente

4.2- Gas de protección

4.3- Intensidad de corriente

4.4- Tensión de corriente

5- Parámetros de soldadura

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

5.1- Intensidad de corriente

5.2- Tensión de corriente

5.3- Velocidad de arrastre de hilo

5.4- Velocidad de arrastre de pistola

5.5- Caudal de gas

6- Técnicas de soldadura

6.1- Ángulo de pistola

6.2- Técnicas de avance



1- Introducción

1.1- Generalidades

Mediante la soldadura MIG/MAG se establece un arco eléctrico entre el electrodo, que tiene forma de hilo continuo, y la pieza a soldar. En esta ocasión la protección tanto del arco como del baño de soldadura se lleva a cabo mediante un gas, que puede ser activo (MAG) o inerte (MIG).

La soldadura MIG-MAG tiene ventajas respecto al procedimiento de electrodo revestido. Entre ellas cabe destacar la mayor productividad que se obtiene, debido a que se eliminan los tiempos muertos empleados en reponer los electrodos consumidos.

Se estima que para el procedimiento usando electrodo revestido, el hecho de desechar la última parte del electrodo antes de reponerlo por otro, más el consiguiente proceso de cebado del arco, hace que sólo el 65% del material es depositado en el baño, el resto son pérdidas.

Sin embargo, el empleo de hilos continuos en forma de bobinas, tanto del tipo sólidos como tubulares, como material de aportación para el procedimiento MIG-MAG aumenta el porcentaje de eficiencia hasta el 80-90%. Además, al disminuir el número de paradas se reduce las veces del corte y posterior cebado del arco, por lo que se generan menos discontinuidades en el cordón como son los famosos "cráteres".

1.2- Evolución histórica

A continuación se resume aquellos hitos que fueron concluyentes en el avance, en general de la técnica de soldar bajo gas protector, hasta nuestros días:

- 1.919: se llevan a cabo las primeras investigaciones sobre el uso de gases de protección en los procesos de soldeo. Estas investigaciones versaron principalmente sobre los dos grandes grupos de gases, a saber, inertes (caso del Helio y Argón) o activos (CO₂). No obstante, el empleo de este último tipo inducía a la aparición de proyecciones y poros en el cordón una vez solidificado; pero por otro lado, el poder calorífico alcanzado por el arco bajo un gas activo es muy superior al alcanzado empleando un gas noble;
- 1.924: es el año donde aparece la primera patente TIG registrada por los americanos Devers y Hobard;

- 1.948: comienza a emplearse gas inerte con electrodo consumible, dando lugar a lo que más tarde será conocido como procedimiento MIG. Este tipo de procedimiento tenía el inconveniente que era poco el grado de penetración que se alcanzaba en los aceros;
- 1.952: es el año donde comienza a emplearse gas activo con electrodo consumible, dando lugar a lo que más tarde será conocido como procedimiento MAG;
- 1.950: se van desarrollando procedimientos de automatización de los procesos de soldeo, gracias a las mejoras conseguidas en los equipos de soldeo y en la fabricación de los materiales de aporte. Por ejemplo, para disminuir las proyecciones se empezaron a emplear como material de aporte hilos huecos rellenos en su interior de revestimiento, o el empleo de mezclas de gases nobles y activos.

2- Descripción del procedimiento MIG-MAG

2.1- Principios del proceso

En este procedimiento se establece el arco eléctrico entre el electrodo consumible protegido y la pieza a soldar. La protección del proceso recae sobre un gas, que puede ser inerte, o sea que no participa en la reacción de la soldadura, dando lugar al llamado procedimiento de soldadura MIG (Metal Inert Gas); o por el contrario el gas utilizado es activo, que participa de forma activa en la soldadura, dando lugar al llamado procedimiento MAG (Metal Active Gas).

El empleo del procedimiento MIG-MAG se hace cada vez más frecuente en el sector industrial, debido a su alta productividad y facilidad de automatización. La flexibilidad es otro aspecto importante que hace que este procedimiento sea muy empleado, dado que permite soldar aceros de baja aleación, aceros inoxidables, aluminio y cobre, en espesores a partir de los 0,5 mm y en todas las posiciones. La protección por gas garantiza un cordón de soldadura continuo y uniforme, además de libre de impurezas y escorias. Además, la soldadura MIG / MAG es un método limpio y compatible con todas las medidas de protección para el medio ambiente.

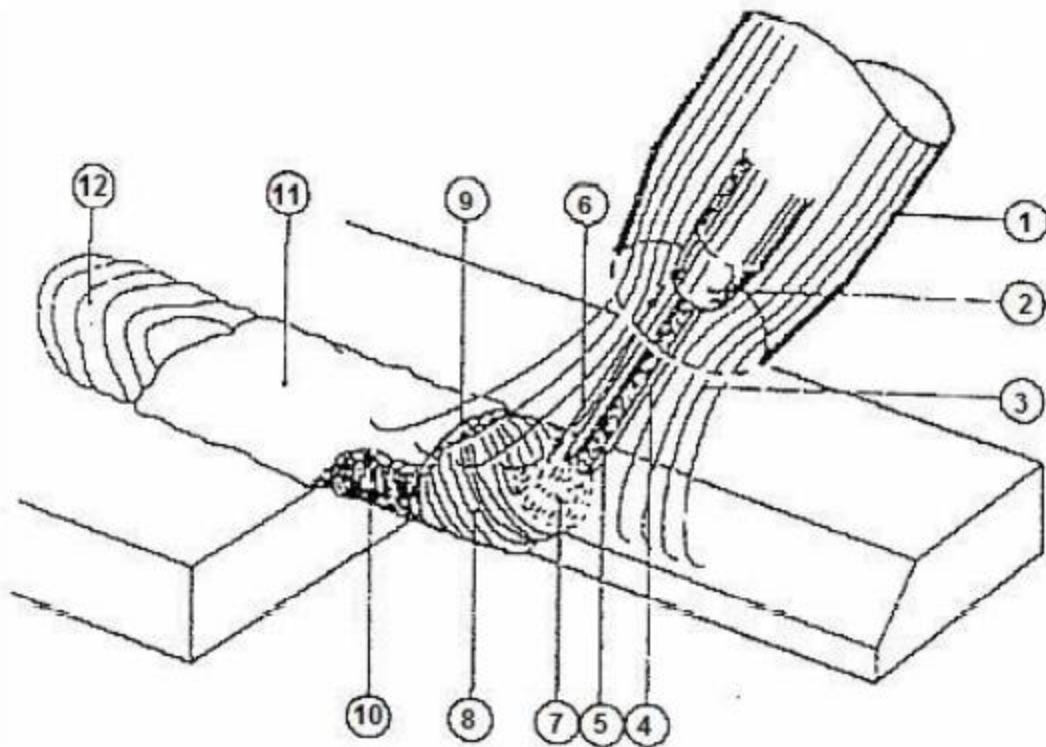
A continuación se define los parámetros que caracterizan a este tipo de procedimiento:

- Fuente de calor: por arco eléctrico;
- Tipo de electrodo: consumible;

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

- Tipo de protección: por gas inerte (MIG); por gas activo (MAG);
- Material de aportación: externa mediante el mismo electrodo que se va consumiendo;
- Aplicaciones: el procedimiento MAG se aplica a los aceros, mientras que el procedimiento MIG para el resto de metales.



Leyenda:

- 1.-Boquilla;
- 2.-Tubo de contacto;
- 3.-Gas de protección;
- 4.- Varilla (sólida o tubular);
- 5.-Flux en caso de varilla tubular;
- 6.- Longitud libre de varilla (stik-out);
- 7.-Transferencia del metal aportado;

- 8.-Baño de soldeo y escoria líquida;
- 9.-Escoria sólida protegiendo al baño de fusión;
- 10.-Metal depositado;
- 11.-Escoria solidificada;
- 12.-Metal de soldadura solidificado libre de escoria.

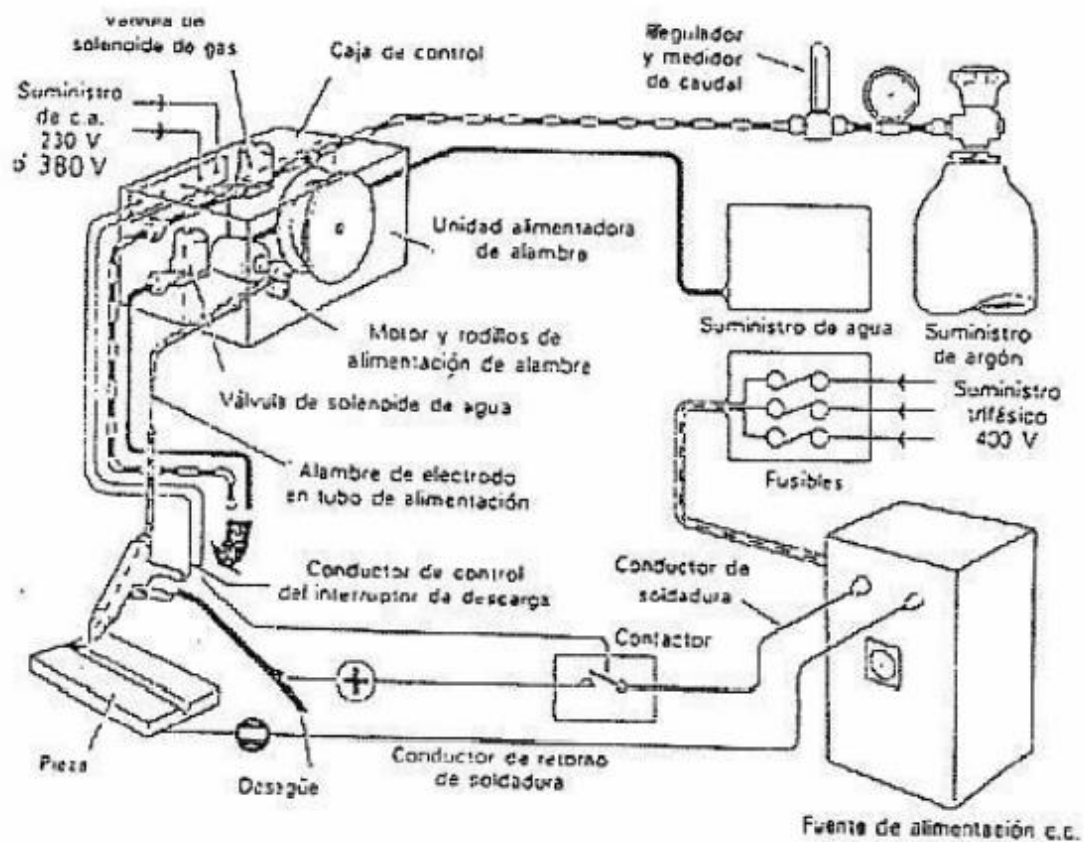
La soldadura mediante procedimiento MIG-MAG tiene ciertas ventajas frente al método del electrodo revestido, entre ellas que el soldador no tiene que cambiar de electrodo usando el procedimiento MIG-MAG, por lo que se elimina la formación de cráteres a lo largo del cordón, muy típicos en los puntos donde se cambia de electrodos y hay que cebar de nuevo el arco.

Por otro lado, como inconveniente está que son más los parámetros a regular mediante el procedimiento MIG-MAG, que son, entre otros, la velocidad de alimentación del hilo, su diámetro, el voltaje, el caudal de salida del gas, mientras que para el caso de uso de electrodos revestidos eran sólo la intensidad de corriente y el diámetro del electrodo.

2.2- Equipamiento

Para llevar a cabo la soldadura mediante el procedimiento MIGMAG es necesario el siguiente equipo básico:

- Generador de corriente CC;
- Cilindro de gases;
- Unidad de alimentación de hilo;
- Pistola de soldadura;
- Circuito de refrigeración;
- Órganos de control;



Del anterior esquema se deduce que la movilidad de la pistola porta-electrodos para el procedimiento MIG-MAG es menor y más complicada que para otros métodos.

CEFOTEC

2.3- Material de aporte

Como material de aporte, este procedimiento utiliza hilos que pueden ser macizos o tubulares. Estos se suministran enrollados en bobinas y recubiertos de cobre:



Con solape



A tope

El hecho de recubrir los hilos de electrodos con cobre se realiza para conseguir los siguientes objetivos:

- favorecer el contacto eléctrico;
- disminuir los rozamientos;
- obtener protección contra la corrosión.

En cuanto a su composición química, va a depender del tipo de gas de protección.

Por ejemplo, con argón en MIG se usa un hilo macizo, mientras que si se usa CO₂ en MAG se emplea hilo tubular.

Para el caso de hilos tubulares, el material de relleno o FLUX puede ser básico (T5) o de rutilo (T1).

2.4- Gases de protección

El empleo de un tipo de gas u otro va a influir en aspectos tales como: - energía aportada;

- tipo de transferencia del material al baño;
- penetración del cordón;
- velocidad de soldeo;
- aspecto final del cordón;
- proyecciones y salpicaduras.

A continuación se va a repasar brevemente las propiedades de cada gas de protección utilizado, según el tipo de procedimiento.

- Procedimiento MIG:

a) Argón (Ar)

El empleo de este gas bajo procedimiento MIG repercute en crear una buena estabilidad del arco, debido al bajo potencial de ionización que genera.

Es idóneo para soldar piezas de espesores pequeños.

Este gas no se usa para soldar aceros dado que el baño que origina tiene poca fluidez y con tendencia a formar poros, a la vez que mordeduras a ambos lados del cordón.

En cuanto a la forma de llevar a cabo la transferencia del material de aporte, es mediante cortocircuito o en "spray".

b) Mezcla de argón y oxígeno (Ar al 98% + O₂ al 2%)

Si se utiliza esta mezcla mejora la fluidez del baño, a la vez que la penetración de la soldadura. Esta solución sí es apta para la soldadura de aceros inoxidables, aunque hay que prestar especial atención a la porosidad que pudiera generarse.

c) Helio (He)

Es un tipo de gas de elevada conductividad, a la vez que genera poca penetración de soldeo y cordones anchos.

Es un tipo de gas poco utilizado en Europa.

- Procedimiento MAG:

a) Anhídrido carbónico (CO₂)

Es un gas que es más barato que otros empleados en soldadura como el argón. No obstante origina peligro de formación de hielo, por lo que requiere el uso de calentadores. Genera un arco muy enérgico, que consigue mayor penetración, a la vez que origina mayor cantidad de proyecciones y salpicaduras.

El aspecto final del cordón suele ser rugoso.

Como material de aporte se utiliza con hilos que contienen composición alta de Si y Mn, realizándose la transferencia de material en cortocircuito. Su uso se restringe al acero, consiguiéndose mejorar la penetración. Especial atención y cuidado requiere la atmósfera con alto contenido en CO (gas tóxico) que genera, por lo que se requiere disponer de extractores en los lugares de soldeos para renovar el aire.

b) Mezcla de argón y anhídrido carbónico (Ar al 80% + CO₂ al 20%)

Cuando se utiliza esta mezcla en soldadura MAG se generan pocas proyecciones en el cordón y mayor tasa de productividad. El aspecto final de los cordones es muy bueno, siendo buenas las características mecánicas del metal depositado.

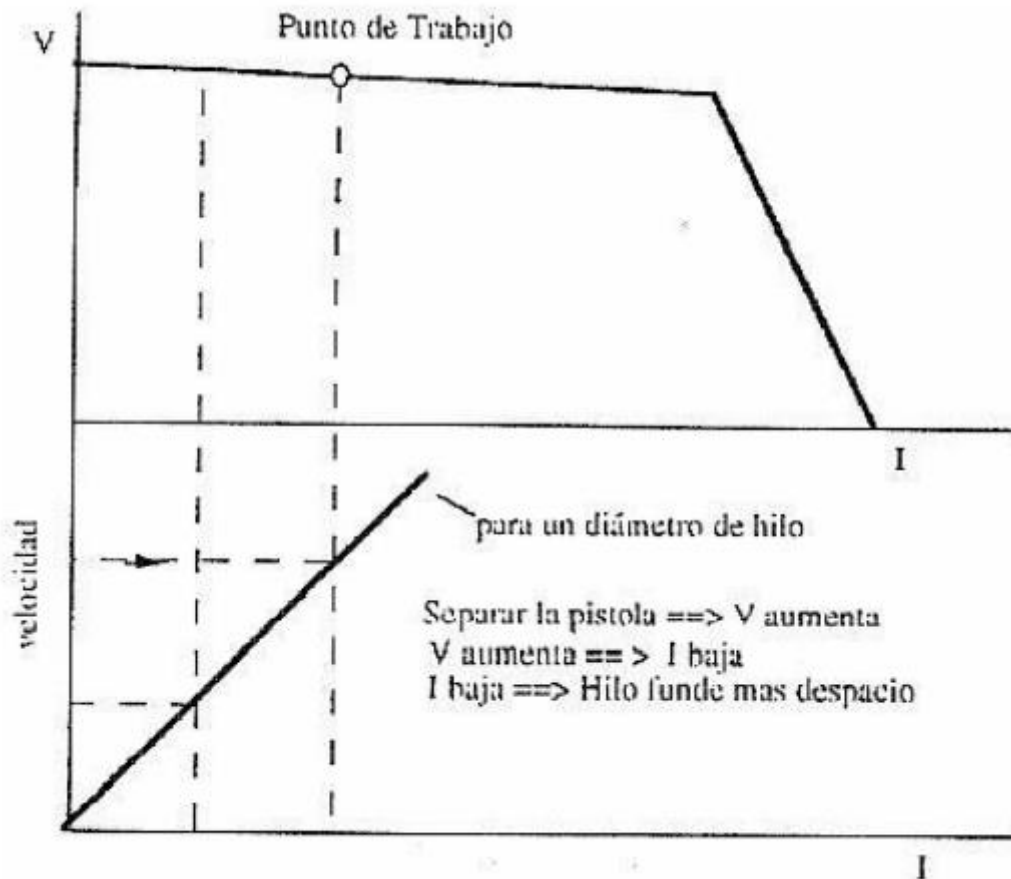
Este tipo de gas permite una mayor facilidad de reglaje de los parámetros de soldeo. Por otro lado, este gas es de precio más caro, a la vez que hay que cuidar que no se produzca estratificación en las botellas de suministro.

2.5- Tipo de corriente eléctrica

Para la soldadura MIG-MAG siempre habrá que emplear la corriente continua (CC). No se recomienda emplear la polaridad directa, debido a que origina un arco poco estable que favorece el rechazo de la gota fundida. Las fuentes de corrientes que se empleen deben presentar una característica estática ligeramente descendente.

En estos equipos el voltaje (V) que se establece en el arco es prácticamente constante, gracias al proceso de autorregulación que van equipados. Esto supone que la velocidad de alimentación del hilo, que es un parámetro a regular, será proporcional a la

intensidad de corriente que se precisa para fundirlo, de manera que la distancia electrodo pieza se mantenga constante y así también el voltaje aplicado.

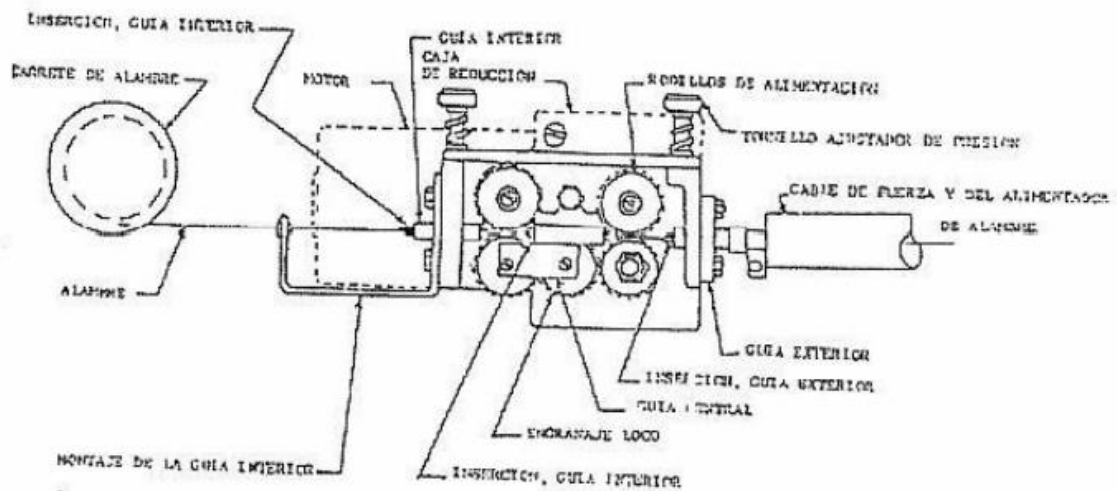


Según se deduce de la figura anterior, la velocidad del hilo va a ser un parámetro que tendrá que ser regulado por el operario.

De esta forma, dependiendo de la velocidad de alimentación del hilo, para un voltaje establecido, el equipo regulará la intensidad de corriente para que el consumo de hilo coincida con su velocidad de salida.

2.6- Alimentador de hilo

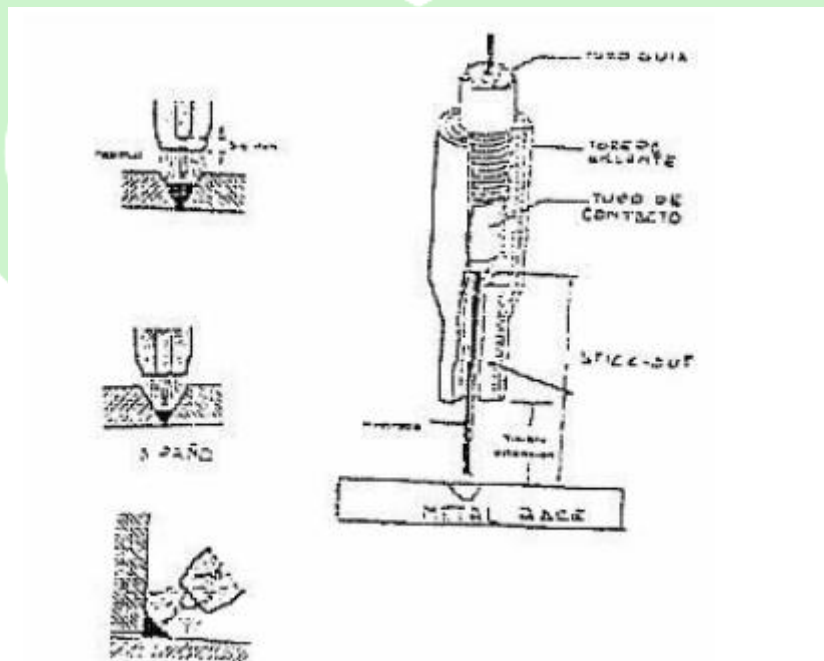
Existen diferentes tipos de rodillos de arrastres que pueden ser utilizados. Los que son moleteados se emplean cuando el hilo de aporte resulta más duro (por ejemplo, de acero)



2.7- Toberas

Normalmente estas toberas tienen un diámetro de 15 mm, y se prolongan una distancia de unos 6 mm más allá del tubo de contacto.

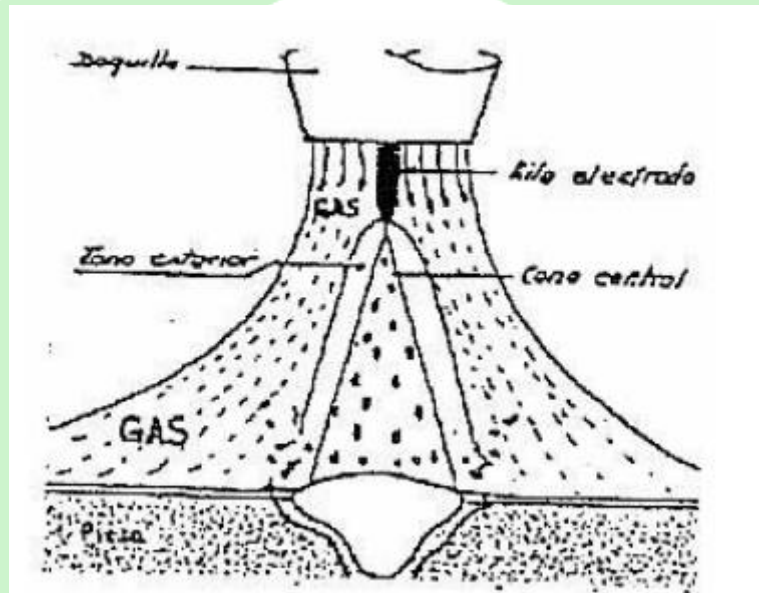
No obstante, resulta conveniente disponer de toberas de diferentes longitudes, según el tipo de trabajo a realizar.



3- Modos de transferencia

3.1- Por spray ("spray transfer")

Mediante este modo de transferencia de material, las gotas, que generalmente serán de pequeño diámetro, se depositan en el baño siguiendo la dirección del hilo. Es un modo de transferencia típico de los arcos estables y baños de fusión muy calientes. El resultado que deja es un cordón de aspecto liso y con escasas proyecciones, estando caracterizado por una penetración muy marcada en el centro.



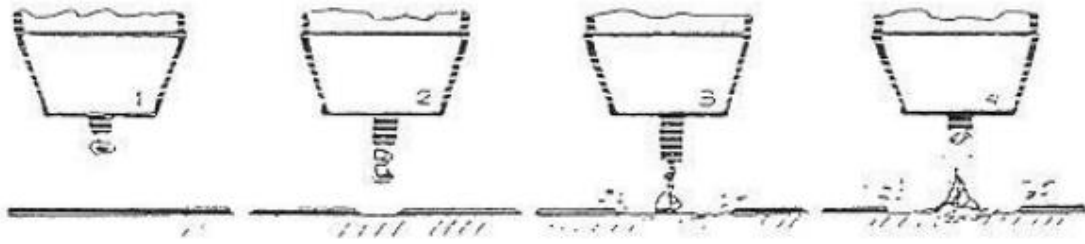
Cuando se produce este tipo de transferencia resulta difícil el control del baño, salvo cuando se suelda en posición horizontal.

El modo de transferencia por spray normalmente se produce cuando se utiliza como gas argón (Ar), puro o en mezclas ricas en argón.

Para que se produzca este tipo de transferencia es necesario emplear tensiones elevadas (>28 V), originándose en el proceso un zumbido característico.

3.2- Por cortocircuito ("short arc" o "dip transfer")

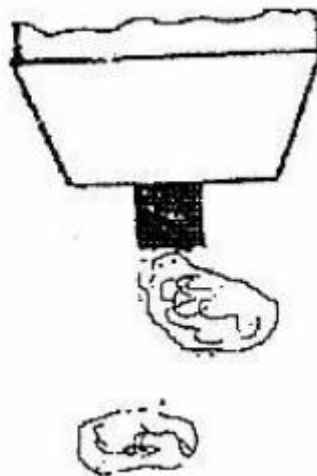
Este modo de transferencia se genera cuando se producen frecuentes cortocircuitos que hacen extinguir el arco (entre 40 y 200 veces/seg.) Es típico de los baños relativamente fríos y con pequeño poder de penetración. Se genera un arco ruidoso con muchas proyecciones y de aspecto ancho y rugoso.



Este modo de transferencia se usa para ejecutar soldaduras en posición, y se genera cuando se utiliza como gas CO₂, o con mezclas de CO₂ con argón. Para que se produzca la transferencia por cortocircuito es necesario emplear valores bajos de tensión (<22 V).

3.3- Globular ("globular transfer")

Para este modo de transferencia las gotas que se transfieren albaño son de tamaño relativamente grandes.



Se genera con arcos menos estables, originándose abundantes proyecciones a lo largo del cordón.

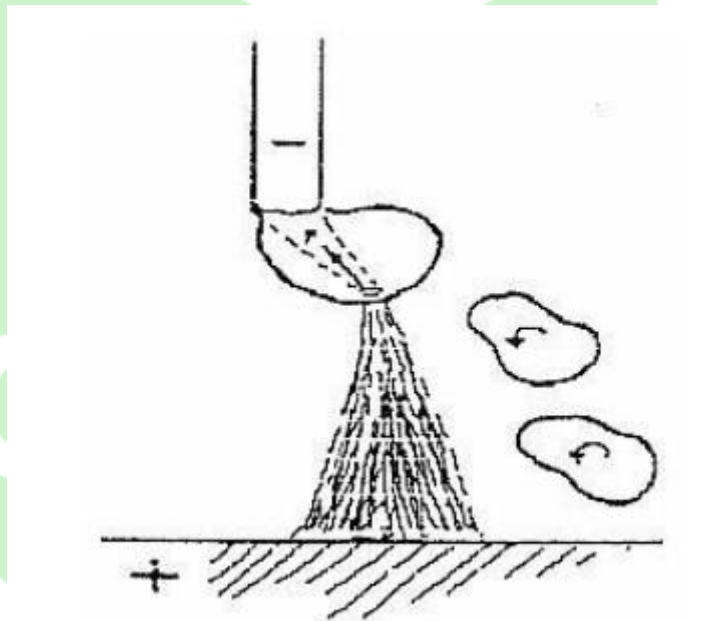
Asimismo se produce poca penetración de soldeo, y la tensión necesaria se encuentra entre 22-28 V.

4- Factores influyentes

4.1- Polaridad de corriente

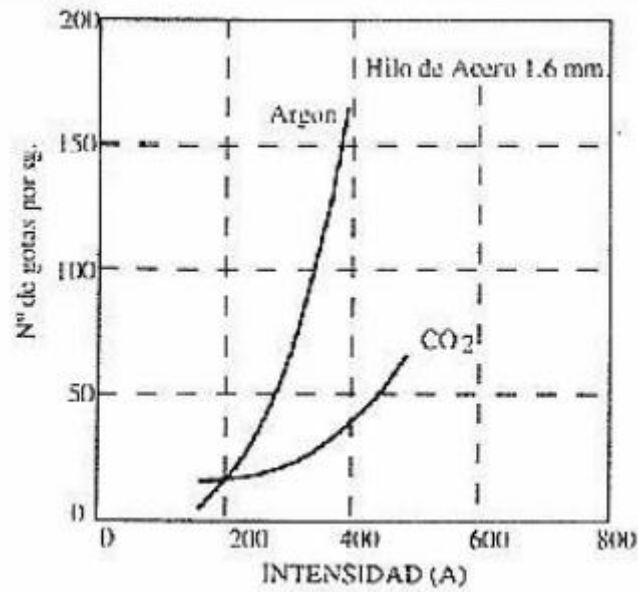
En la soldadura MIG-MAG se debe emplear siempre corriente continua y polaridad inversa (CC/PI), nunca corriente alterna.

Si se emplease corriente continua con polaridad directa generaría en la transferencia de material gotas muy voluminosas y probablemente rechazo, por lo que siempre se debe utilizar en polaridad inversa.



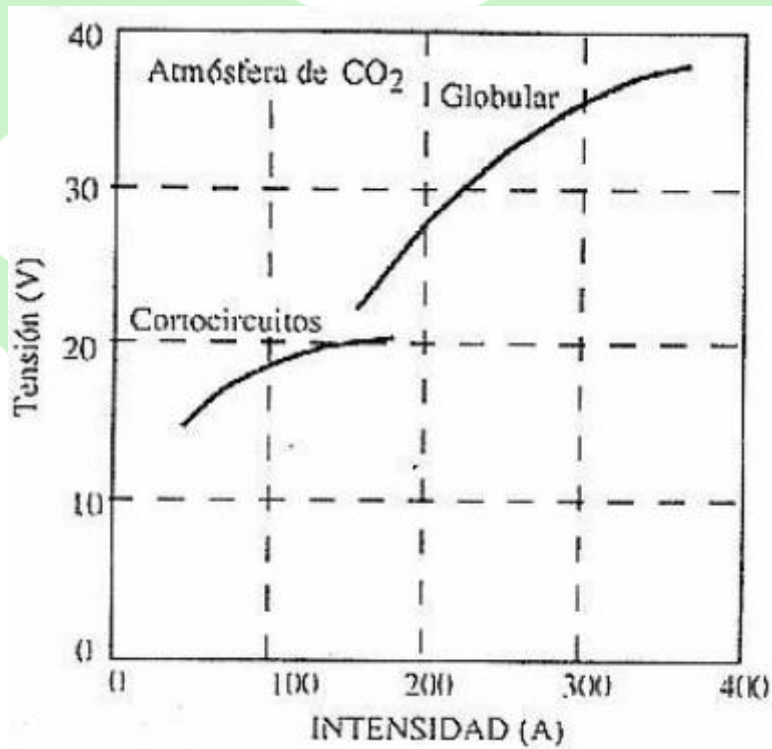
4.2- Gas de protección

A modo de ejemplo se adjunta la siguiente gráfica comparativa entre los gases argón y CO₂ y su influencia en la velocidad de transferencia de material.



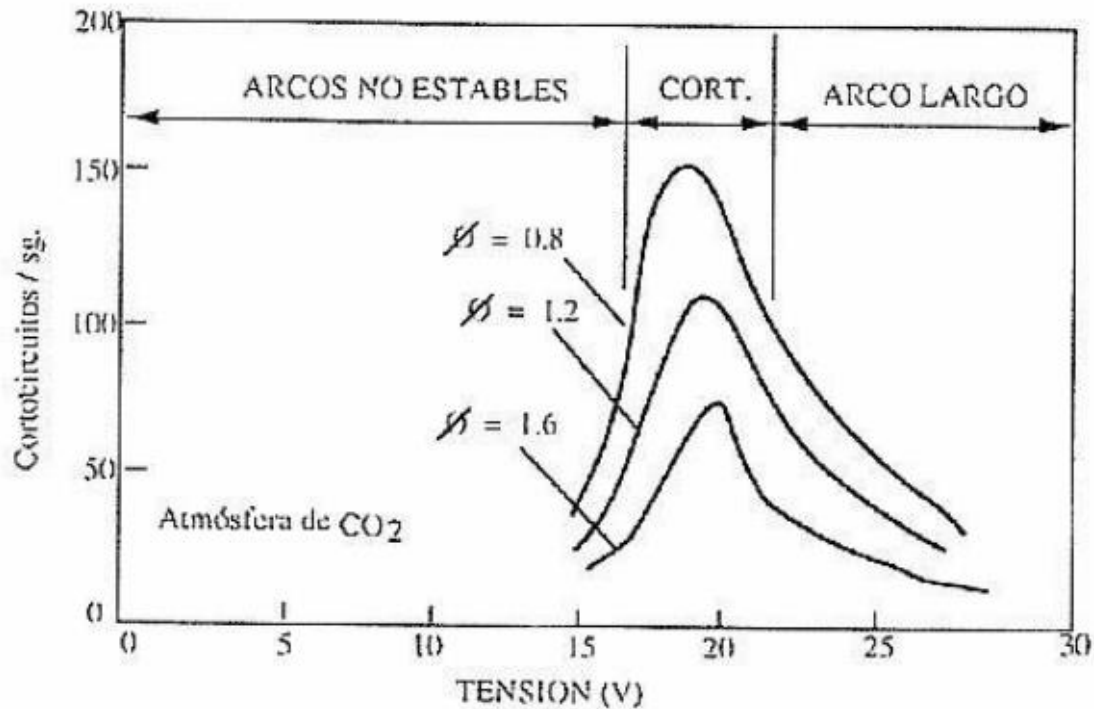
4.3- Intensidad de corriente

Se adjunta la siguiente gráfica donde se muestra la influencia de la intensidad de corriente:



4.4- Tensión de corriente

Se adjunta la siguiente gráfica donde se muestra la influencia de la tensión de corriente:



5- Parámetros de soldadura

5.1- Intensidad de corriente

El valor de la intensidad de corriente que se aplique va a estar definida por:

- grosor de chapa;
- diámetro del hilo de aporte;
- posición de soldeo;
- penetración que se desee conseguir;
- tipo de pasada (si es de raíz, de relleno o final).

La intensidad de corriente queda automáticamente regulada por el equipo de soldeo en función de la velocidad de salida del hilo, que a su vez dependerá de su diámetro, y del voltaje y caudal de gas empleado.

Como ya se ha visto, el valor de intensidad con que se suelde va a tener influencia en el tipo de transferencia que se consiga.

En general, intensidad grande de corriente va a generar transferencia en "gotas pequeñas".

5.2- Tensión de corriente

El valor de la tensión de corriente tiene una influencia notoria sobre el modo de transferencia:

- cortocircuitos: tensión de 14 a 22 Voltios;
- globular: tensión de 22 a 26 Voltios;
- spray: tensión de 27 a 40 Voltios.

En general, aumentar el voltaje supondrá que se obtenga un cordón más ancho.

5.3- Velocidad de arrastre de hilo

La velocidad de arrastre del hilo va a ser siempre proporcional a la intensidad de corriente. Es un valor que se fija en el equipo de soldeo, lo que va a fijar la intensidad de corriente.

5.4- Velocidad de arrastre de pistola

La velocidad de arrastre de la pistola de soldeo va a depender de:

- posición de soldadura que se practique;
- del aspecto del cordón que se requiera;
- de la penetración que se desee conseguir;
- forma del cordón.

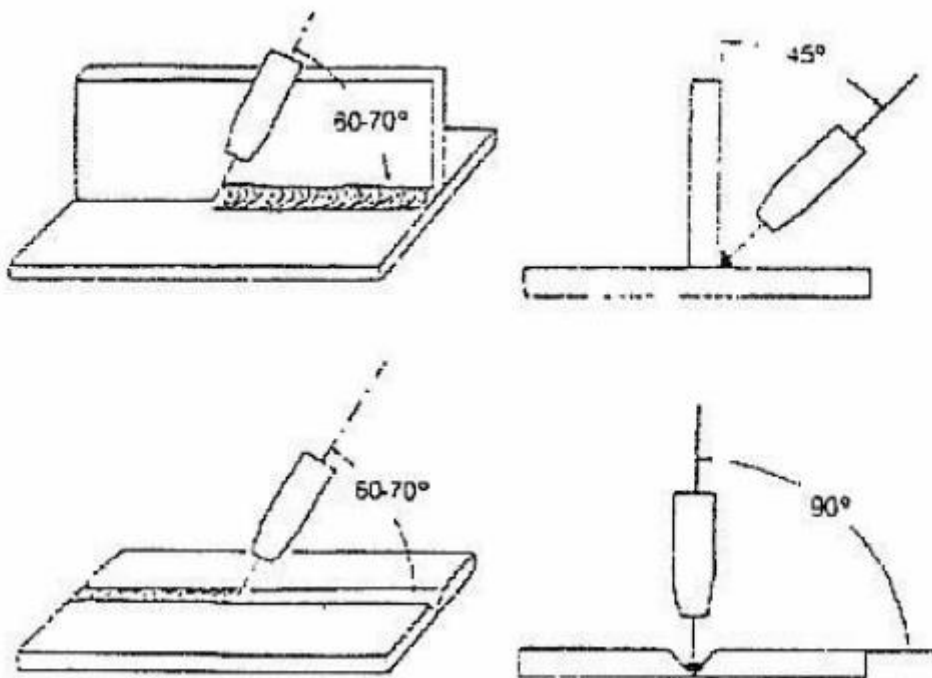
5.5- Caudal de gas

El valor del caudal de gas de salida dependerá del tipo de gas empleado. Como valores normales de referencia oscila entre los 14 a 16 litros/minuto si se emplea CO₂ y de 10 a 12 litros/minuto para mezclas.

6- Técnicas de soldadura

6.1- Ángulo de pistola

A continuación se muestra unas figuras representativas del ángulo de pistola óptimo para el proceso:



6.2- Técnicas de avance

Las distintas posiciones de avance que se pueden presentar durante el proceso de soldadura son:

- soldadura a derecha;
- soldadura a izquierda;

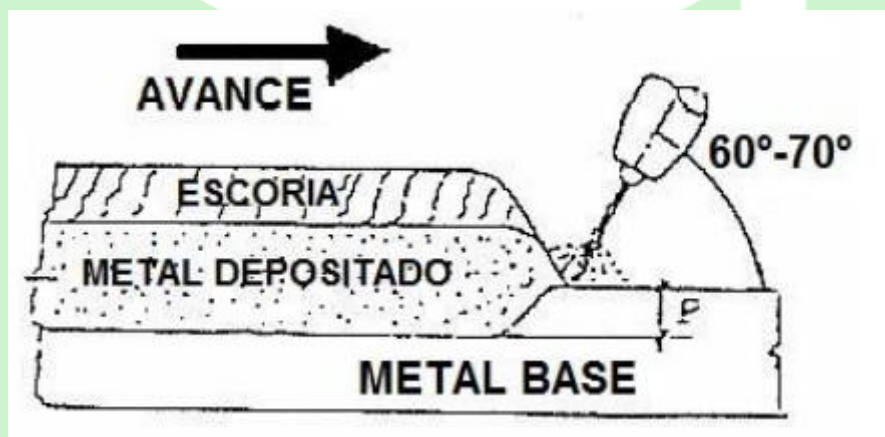
- soldadura en vertical;
- soldadura en cornisa;
- soldadura en techo.

a) Soldadura a derecha

La soldadura a derecha proporciona una mayor penetración y avance de la pistola.

Por otro lado, se evita el riesgo de inclusiones de escorias, y además disminuye la probabilidad de formación de poros o de falta de fusión del baño.

Genera un baño muy caliente y fluido, lo que requiere cierta habilidad por parte del operario. Se ejecuta mediante pasadas estrechas.

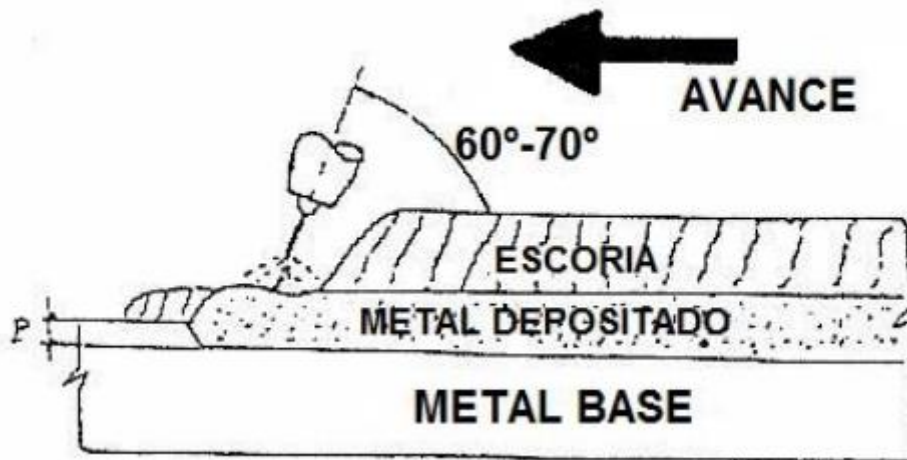


Esquema de soldadura a derecha

b) Soldadura a izquierda

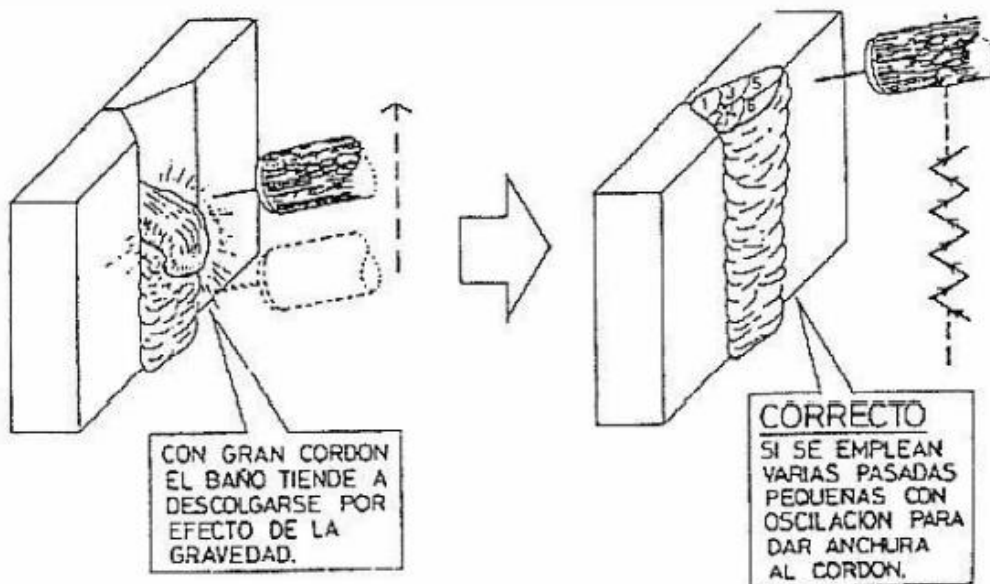
La soldadura ejecutada a izquierda proporciona poca penetración, por lo que sólo se recomienda para soldar chapas finas. Por otro lado, requiere menor intensidad de corriente, por lo que el calor aportado al proceso es menor. Tiene tendencia a la formación de poros y de falta de fusión en el baño.

Genera cordones anchos.

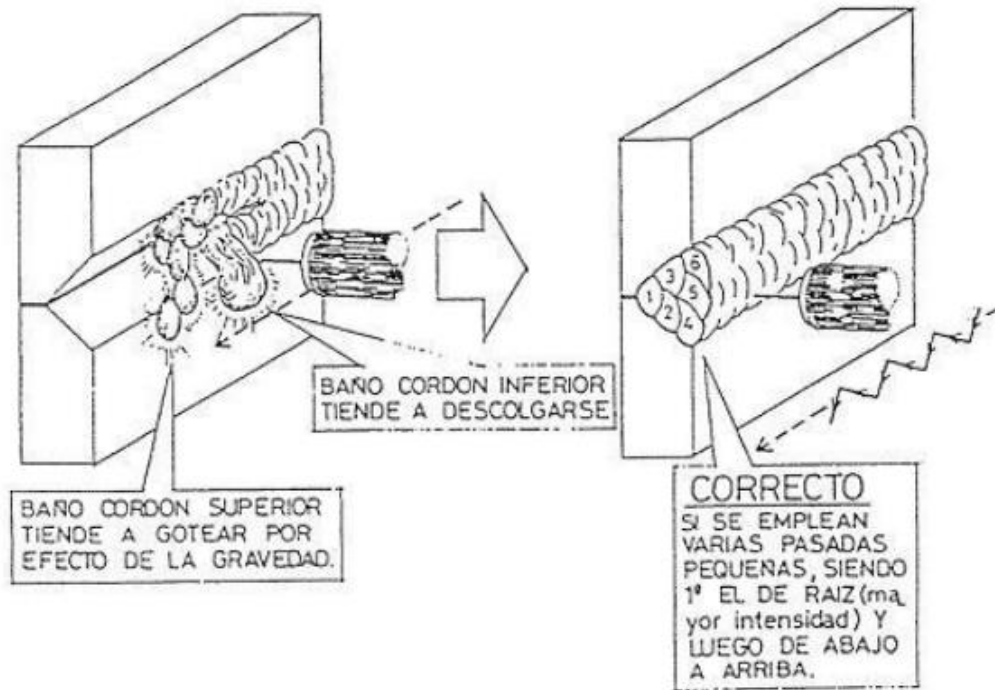


Esquema de soldadura a izquierda

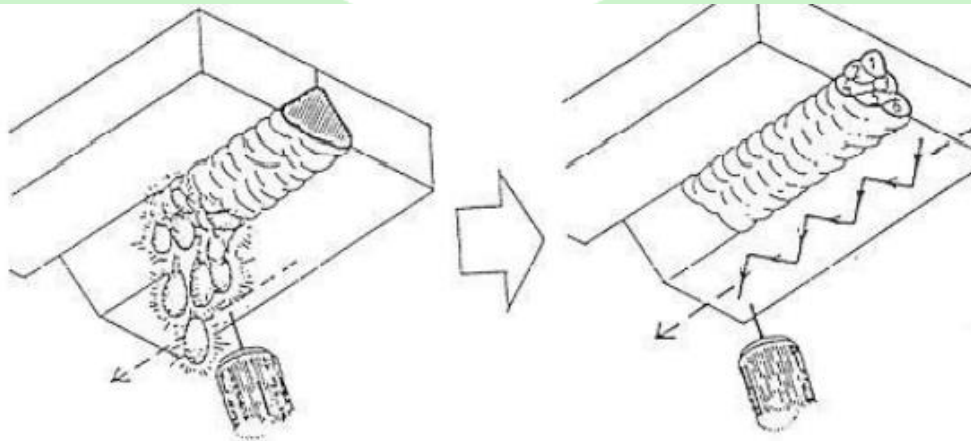
c) Soldadura en vertical:



d) Soldadura en cornisa:



e) Soldadura en techo:



Para las soldaduras ejecutadas en techo se recomienda realizar varias pasadas pequeñas con oscilación.

SOLDEO CON ALAMBRE TUBULAR

INDICE

1. PRINCIPIOS DEL PROCESO	2
1.1 Descripción y denominaciones	2
1.2 Aplicaciones : Ventajas y limitaciones.....	3
2. EQUIPO DE SOLDEO.....	5
2.1 Rodillos.....	5
2.2 Pistola	6
3. MODOS DE TRANSFERENCIA	9
4. ALAMBRES TUBULARES	10
4.1 Transferencia y absorción de impurezas	10
4.2 Protección contra la humedad	11
5. GASES DE PROTECCIÓN.....	11
6. CONTROL DEL PROCESO.....	12
6.1 Extensión libre del alambre.....	12
6.2 Ángulo inclinación de la pistola	12
7. DEFECTOS TÍPICOS EN LAS SOLDADURAS.....	14

1.1. Descripción y denominaciones

En el proceso de soldeo por arco con electrodo tubular la soldadura se consigue con el calor de un arco eléctrico establecido entre un alambre-electrodo consumible continuo y la pieza que se suelda. La protección se obtiene del fundente contenido dentro de un alambre tubular pudiéndose utilizar con o sin gas de protección adicional.

Este proceso combina las características del soldeo con electrodo revestido, el soldeo por arco sumergido y el soldeo MIG/MAG.

La técnica de soldeo con hilo tubular se diferencia del soldeo MIG/MAG en el tipo de electrodo que, como su nombre indica, en este caso, es un alambre hueco y relleno de fundente el cual, al fundirse por la acción del arco eléctrico, deposita un metal fundido protegido con una fina capa de escoria; podríamos decir que es como un electrodo revestido al revés. En el resto hay bastantes similitudes con el proceso MIG/MAG.

Como se ha dicho, dentro del proceso hay dos variantes:

- Autoprotegido (self-shielded ó innershielded), ver figura 1, que protege el baño de fusión gracias a la descomposición y vaporización del fundente.
- Con protección de gas (gas-shielded ó outershielded), ver figura 2, que suele ser CO₂ mezclas de CO₂ y argón, que utiliza gas de protección además de la acción protectora del fundente.

Con ambos métodos el electrodo forma una escoria que cubre y protege el metal de soldadura hasta que solidifica y, en ambos casos, la protección del arco puede soportar el viento y los agentes atmosféricos en mayor medida que los procesos con protección gaseosa (TIG y MIG/MAG).

Es un proceso semiautomático, aunque también puede utilizarse en el soldeo mecanizado y automatizado.

El proceso de soldeo por arco con alambre tubular con protección gaseosa se le conoce por los siguientes nombres :

- FCAW-G, gas shielded flux cored arc welding (ANSI/AWS A3.0).
- 136, soldeo por arco con alambre tubular con protección de gas activo (EN 24063).
- 137, soldeo por arco con alambre tubular con protección de gas inerte (EN 24063).

1. El proceso de soldeo por arco con alambre tubular sin protección gaseosa se le conoce por los siguientes nombres:
2. FCAW-S, self-shielded flux cored arc welding (ANSI/AWS A3.0).
3. 114, soldeo por arco con alambre tubular sin protección gaseosa (EN 24063).

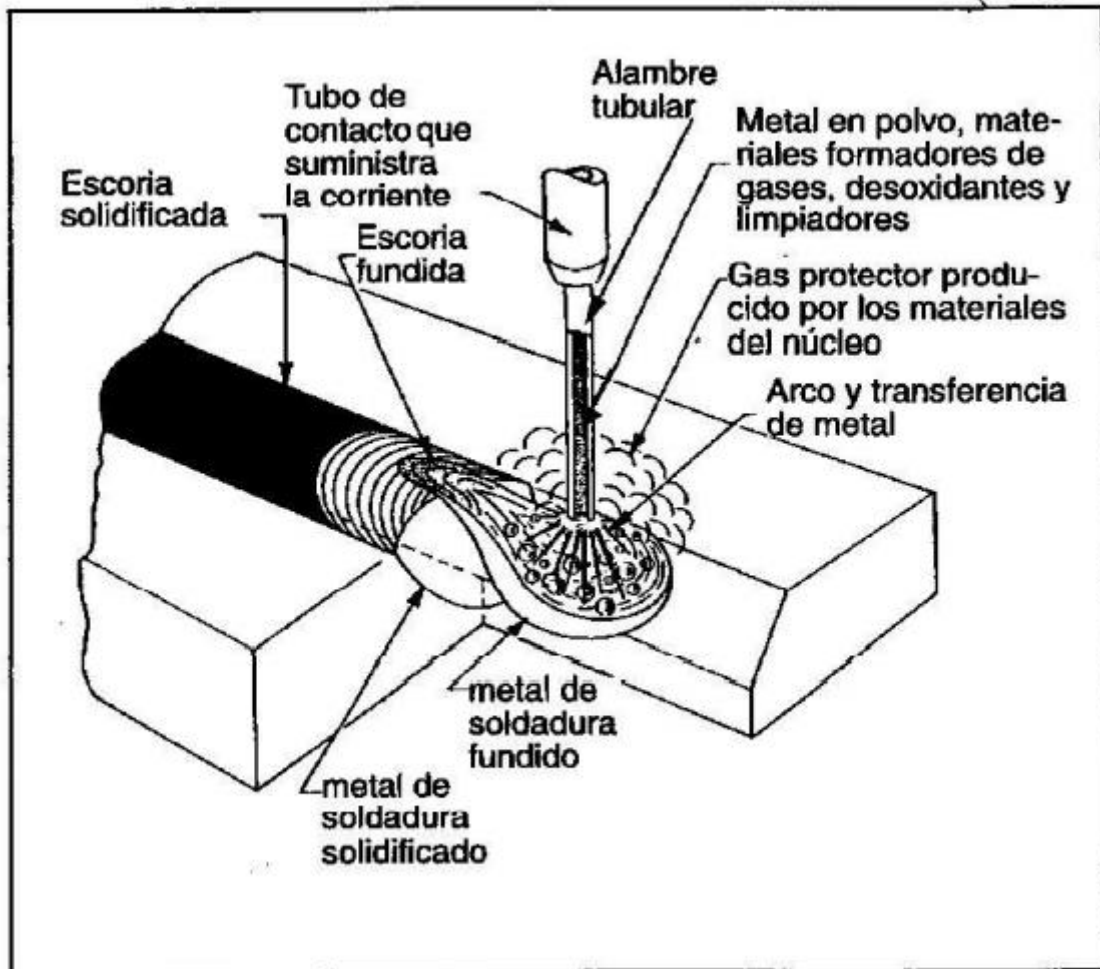


FIGURA 1: PROCESO CON ALAMBRE TUBULAR AUTOPROTEGIDO

1.2. Aplicaciones.

Ventajas y limitaciones

Este proceso se utiliza para el soldeo de aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidable y fundiciones, también se suele utilizar para realizar recargues.

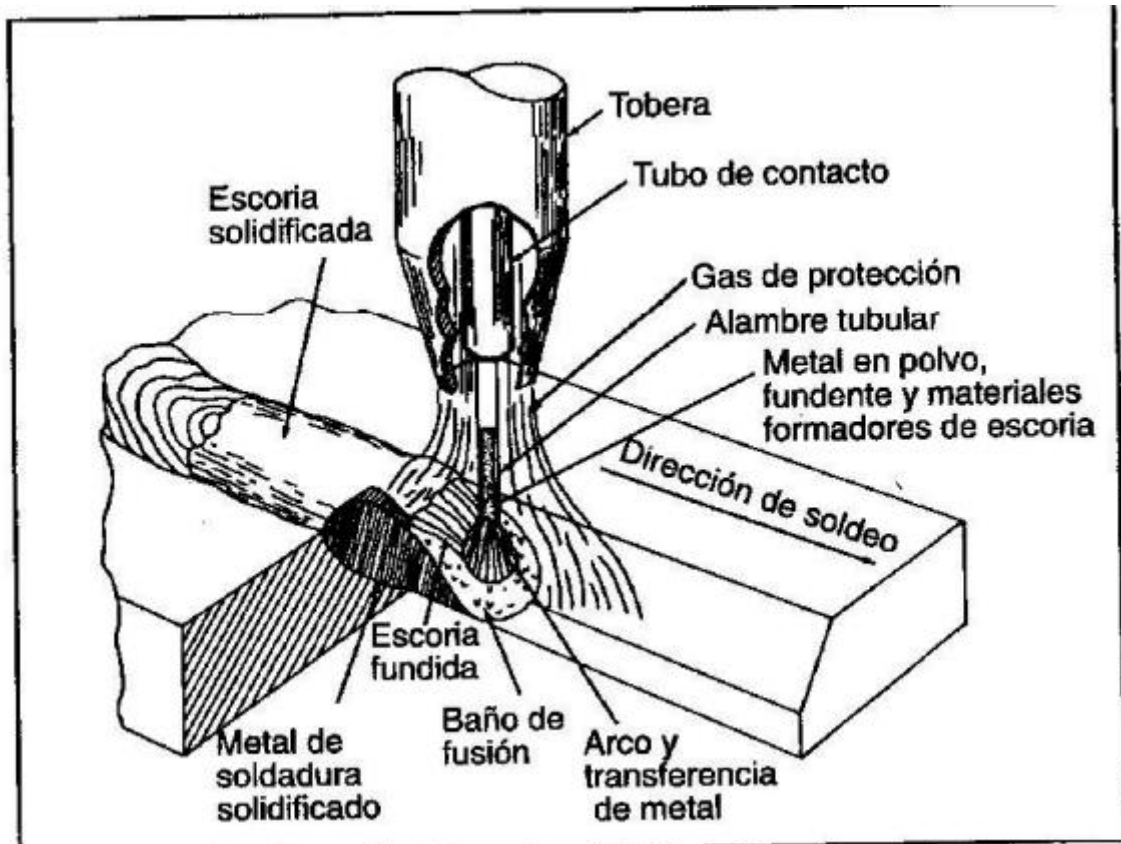


FIGURA 2 : PROCESO CON ALAMBRE TUBULAR CON PROTECCIÓN GASEOSA

La elección del tipo de proceso (autoprotegido o protegido con gas) depende de las propiedades mecánicas deseadas, del tipo de alambre disponible y del tipo de unión; generalmente se utiliza el autoprotegido en las mismas aplicaciones en las que se elegiría el soldeo con electrodo revestido, mientras que el proceso protegido por gas se utilizaría en aquellas aplicaciones en las que se selecciona el proceso MIG/MAG.

Los procesos semiautomáticos con protección de gas (como MIG/MAG), cuando son utilizados al aire libre han de ser necesariamente aislados del viento que desplazaría el gas y dejarían desprotegido el baño de fusión.

Al igual que los electrodos revestidos, los alambres utilizados en este proceso de soldeo generan por sí mismos el gas protector. Dicho gas se produce dentro del arco por lo que le afecta en menor medida las corrientes de aire, haciendo al proceso idóneo para utilizarlo en lugares donde las condiciones climatológicas sean adversas.

La principal desventaja frente al proceso MIG/MAG es el tiempo que se emplea en retirar la escoria, que puede convertirle en un proceso no competitivo, especialmente

en las pasadas de raíz. Otra desventaja es la gran cantidad de humos que se producen durante el soldeo.

Respecto al soldeo con electrodo revestido, este proceso tiene la productividad que se traduce en una reducción del coste de los desventaja respecto al soldeo con electrodo revestido es el mayor supone una mayor inversión inicial.

Otras características del proceso son:

- No se requiere tanta limpieza del metal base como en el soldeo MIG/MAG.
- Los electrodos tubulares son más caros que los macizos, excepto para algunos aceros de alta aleación.
- En la actualidad está limitado al soldeo de todo tipo de aceros y aleaciones base níquel.

El campo de aplicación de este proceso se centra, con preferencia, en construcciones tales como: astilleros, estructuras de edificios, depósitos de almacenamiento, plataformas petrolíferas, tuberías para gaseoductos y oleoductos, puentes, reparación de maquinaria, etc., siendo posible utilizarlo en cualquier posición.

Este proceso de soldeo es sumamente similar al proceso de soldeo MIG/MAG, por lo que sólo se destacarán los aspectos diferenciadores.

2. EQUIPO DE SOLDEO

Para el soldeo con alambre tubular se puede utilizar el equipo de soldeo MIG/MAG ya que ambos son similares, como gran diferencia en el caso del soldeo con alambre autoprotegido destaca la ausencia de gas de protección. En la figura 3 se ha representado el esquema del equipo de soldeo.

2.1. Rodillos

El proceso requiere el empleo de unos rodillos que no aplasten ni deformen al alambre tubular; la selección de los rodillos, por tanto, debe ser cuidadosa. Se preferirá los rodillos moleteados o con bisel en V en lugar de los clásicos lisos. Además es también imprescindible seleccionar el rodillo de acuerdo con la dimensión del alambre.

2.2 Pistola

Las pistolas para soldeo por arco con alambre tubular son muy parecidas a las empleadas para el soldeo por arco con protección de gas.

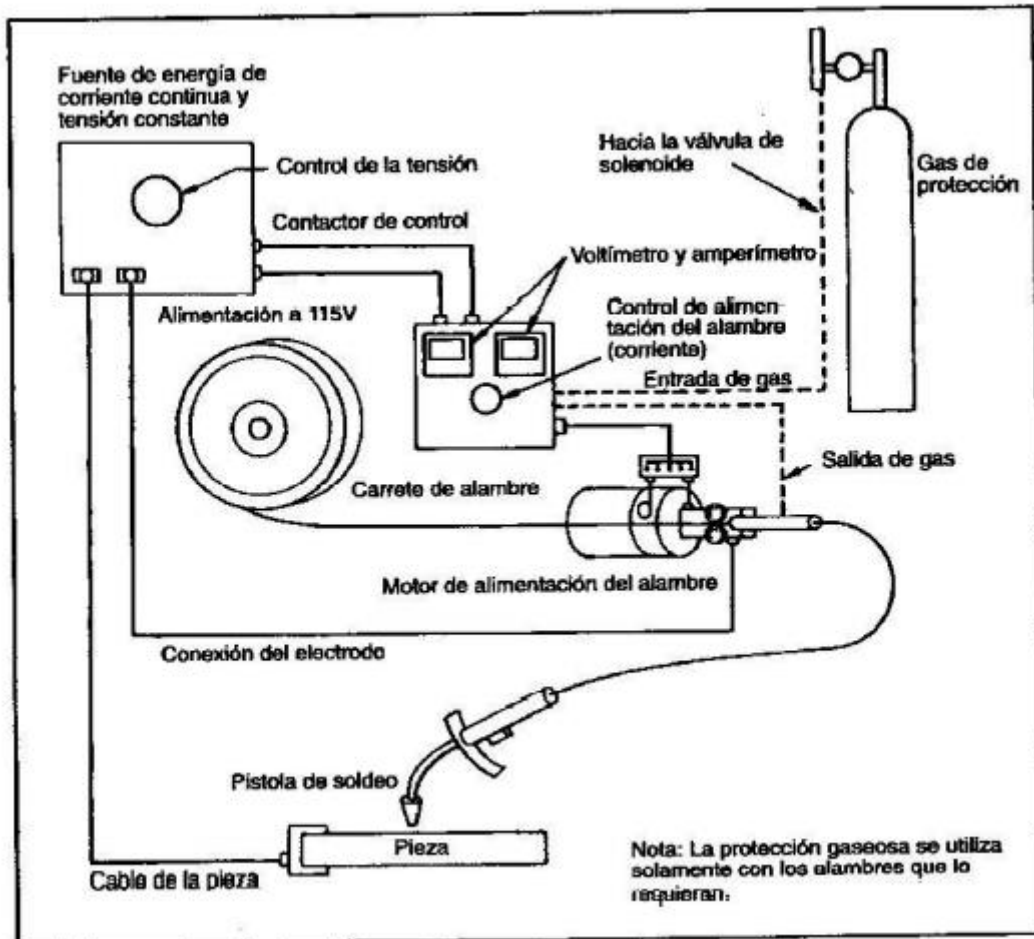


FIGURA 3 : EQUIPO PARA EL SOLDEO POR ARCO CON ALAMBRE TUBULAR

En la figura 4 (A) se representa una pistola para soldeo con alambre autoprotegido y en la 4 (B) la pistola para soldeo con protección gaseosa (iguales que las de soldeo MIG/MAG).

Algunos alambres para el soldeo autoprotegido requieren que gran parte de la extensión libre del mismo quede dentro de la boquilla para conseguir la máxima protección; las pistolas para estos alambres suelen tener guías con una prolongación aislada (ver figura 5) para dar apoyo al alambre.

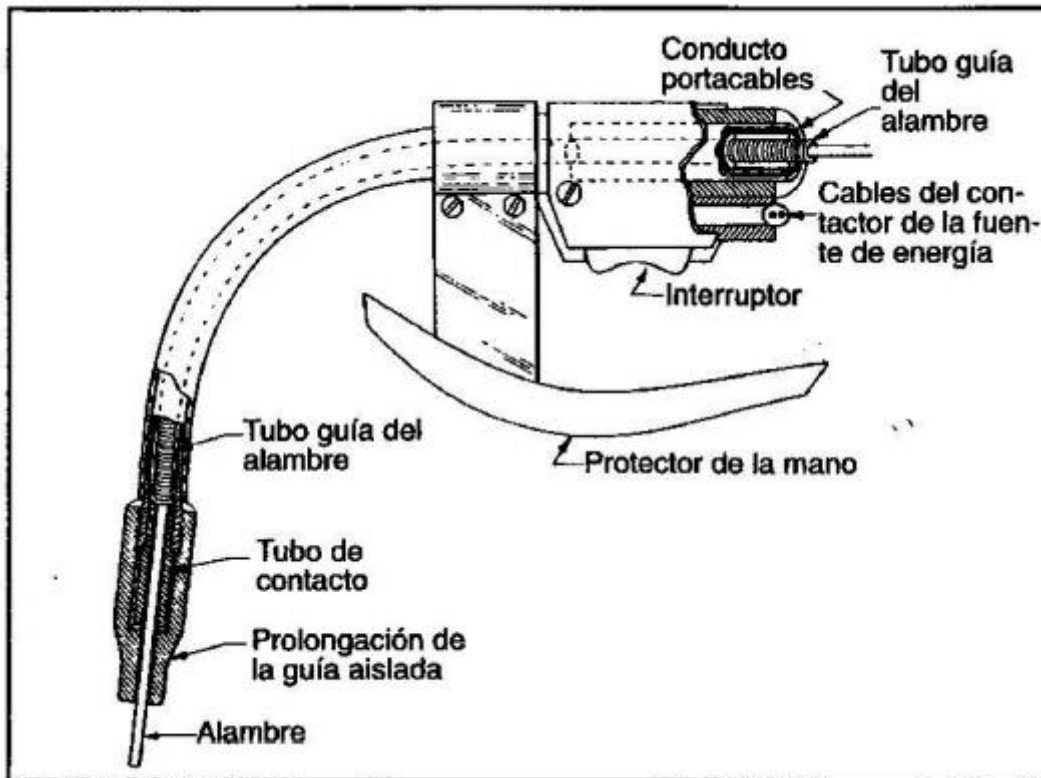


FIGURA 4 (A): PISTOLA PARA SOLDEO CON ALAMBRE AUTOPROTEGIDO

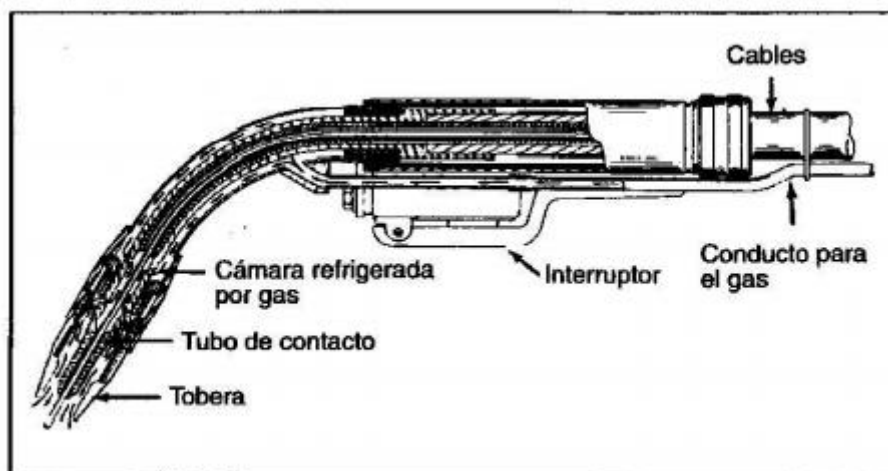


FIGURA 4 (B): PISTOLAS PARA EL SOLDEO CON PROTECCIÓN DE GAS

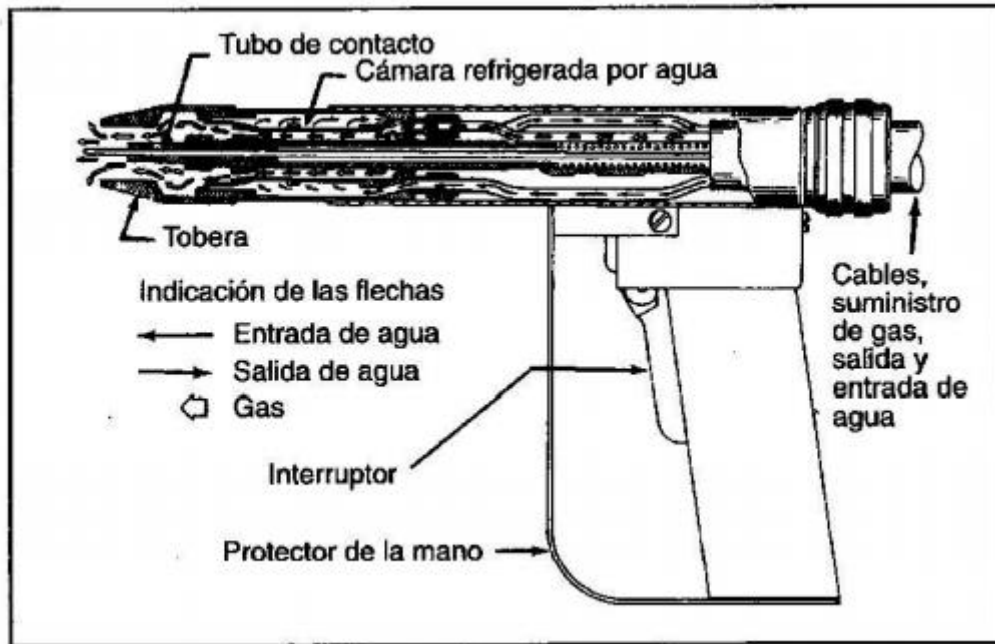


FIGURA 4 (B) (CONTINUACIÓN): PISTOLAS PARA EL SOLDEO CON PROTECCIÓN DE GAS

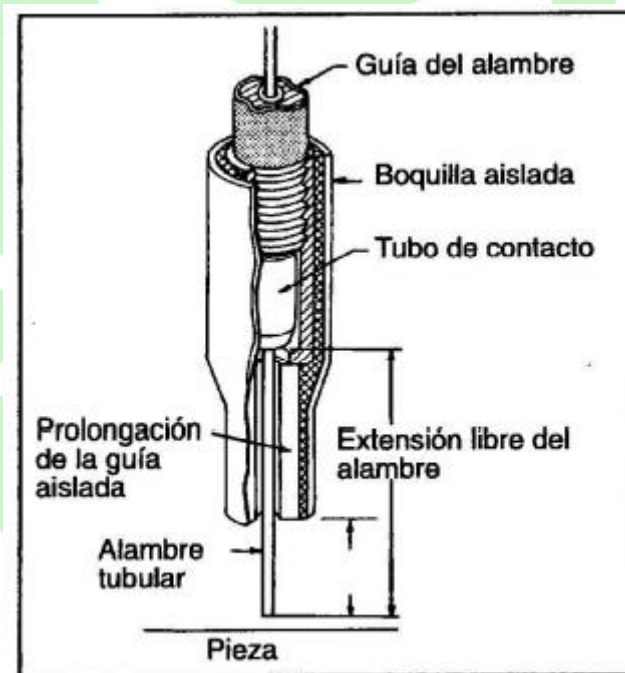


FIGURA 5 : BOQUILLA PARA ALAMBRES AUTOPROTEGIDOS

3. MODOS DE TRANSFERENCIA

En cualquier caso la transferencia de metal en el soldeo con alambre tubular se puede realizar de forma globular, spray, cortocircuito o por arco pulsado. El tipo de transferencia depende del tipo de fundente, del gas de protección, cuando se utiliza, y de la intensidad y tensión de soldeo. No obstante el tipo de transferencia suele ser de tipo spray. Las fuentes de arco pulsado, muy utilizadas en el soldeo MIG/MAG, no lo son tanto en este proceso, por no ser necesarias.

4. ALAMBRES TUBULARES

Los alambres tubulares son electrodos continuos similares a los empleados en soldadura MIG/MAG, con la diferencia de que son huecos y en su interior contienen un fundente que tiene funciones similares a las del revestimiento de los electrodos revestidos . (Ver figura 6). La cantidad de fundente varía de un 15 a un 35% en peso.

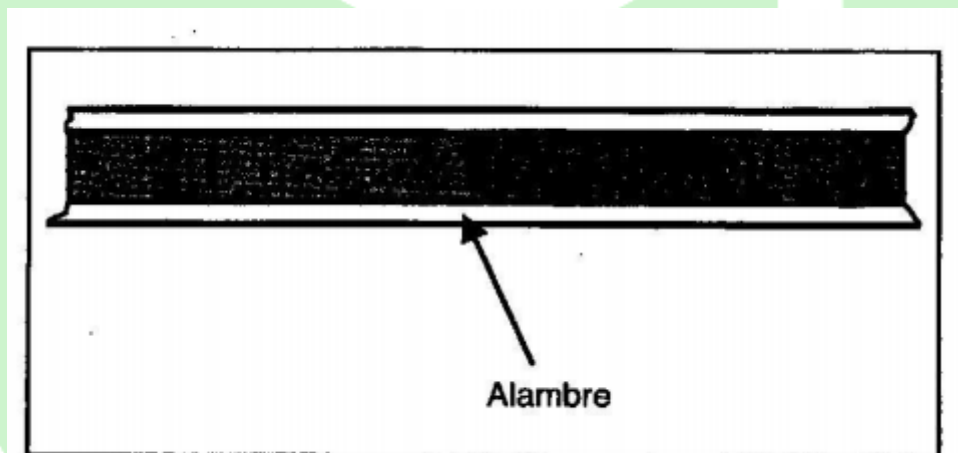


FIGURA 6: ELECTRODO – ALAMBRE TUBULAR

4.1. Transferencia y absorción de impurezas

Los alambres de gran diámetro y de forma tubular simple presentan una transferencia globular en forma de gotas medias y gruesas. Las gotas se forman en el extremo del alambre, donde engordan, antes de ser transferidas al baño de fusión. Por el contrario, en los alambres de sección compleja se obtiene un mejor contacto térmico entre el fundente y el metal del alambre dando una transferencia en forma de gotas finas. Las gotas se inician en la sección central realizándose la transferencia a partir del eje

central (transferencia axial) y las gotas están en contacto más íntimo con los productos del fundente (desoxidantes, formadores de gas, etc.).

En los alambres de pequeño diámetro la transferencia suele ser en forma de gotas finas (spray) aún cuando la forma del alambre tubular sea simple, sin olvidar que el tipo de transferencia también depende de los parámetros eléctricos y de la protección gaseosa.

4.2. Protección contra la humedad

La mayoría de los alambres tubulares tienen tendencia a absorber la humedad ambiental. Un alambre húmedo favorecerá la formación de poros. Se recomienda guardar las bobinas en su paquete durante la noche y mientras no se utilicen.

Los paquetes una vez abiertos deben mantenerse en lugares secos y cálidos. Es importante no almacenar los paquetes en un suelo frío o cerca de paredes frías. El almacén deberá mantener una temperatura de 15 – 30°C y una humedad inferior al 55%. El alambre no deberá mantenerse sin protección durante más de 24h si la humedad es superior al 55%.

En general los alambres que hayan absorbido humedad no pueden secarse.

En algunos casos se puede realizar un secado a 150-315°C, esto requiere que el alambre tubular sea devanado en algún dispositivo metálico.

5. GASES DE PROTECCIÓN

Los gases utilizados en el soldeo con alambre tubular protegido por gas de cualquier material son :

- CO₂
- Mezclas CO₂ + Argón (generalmente 25% CO₂)
- Argón + 2 % Oxígeno

En general se debe utilizar la mezcla de gases recomendada por el fabricante del alambre.

Como principales ventajas del empleo de CO₂ tenemos:

4. Bajo coste

5. Gran penetración

Cuando se suelda con CO₂ suele producirse transferencia globular, aunque existen algunos fundentes que consiguen transferencia spray incluso con CO₂.

El efecto del argón en el gas de protección, en comparación con el CO₂, se traduce en:

- Menor oxidación
- Mayor estabilidad del arco
- Mejor aspecto del cordón
- Menor fluidez de la escoria
- Penetración más estrecha

En el caso de utilizar CO₂ el baño de fusión se puede contaminar con carbono. Cuando se utiliza alambre auto protegido el nitrógeno puede entrar en el baño de fusión con mayor facilidad; en este caso se debe evitar el soldeo con bajas intensidades y longitudes de arco grandes (tensión de soldeo elevada).

El caudal de gas recomendado es de 15 a 25 l/min, dependiendo del tipo de gas, tamaño de pistola y aplicación. El soldeo en chaflanes más estrechos requiere menos caudal de gas que con preparaciones de bordes más abiertas. El soldeo en vertical ascendente puede dar alguna pérdida de gas por efecto chimenea, requiriendo mayor caudal de gas además de otras precauciones.

6. CONTROL DEL PROCESO

La regulación de los parámetros para el soldeo con alambre tubular puede resultar difícil, como ocurre en MIG/MAG, por la gran relación existente entre ellos.

6.1 Extensión libre del alambre

La mayoría de los fabricantes recomiendan longitudes de 20 a 40 mm para la extensión libre del alambre en las aplicaciones con protección gaseosa y una extensión de 20 a 95 mm para el soldeo autoprotegido.

6.2 Ángulo de inclinación de la pistola

Se deben seleccionar los ángulos con sumo cuidado. Para el soldeo autoprotegido el ángulo de desplazamiento (ver figura 7) debe ser el mismo que el utilizado en el soldeo con electrodos revestidos. Para las posiciones horizontales y plana el ángulo de trabajo será de 20 a 45° (figura 7 (A)). Se utilizan mayores ángulos para los espesores delgados. A medida que aumenta el espesor de la pieza el ángulo de desplazamiento debe disminuir (poner la pistola más vertical) para aumentar la penetración; para el soldeo en vertical ascendente el ángulo será de 5 a 15°, se puede utilizar en algunos casos el soldeo hacia delante, sin embargo, en el soldeo vertical descendente se debe realizar la soldadura siempre con la técnica de soldeo hacia atrás y un ángulo de desplazamiento de unos 15°; de esta forma se mantendrá el baño de fusión y el metal líquido no adelantará a la pistola.



CEFOTEC

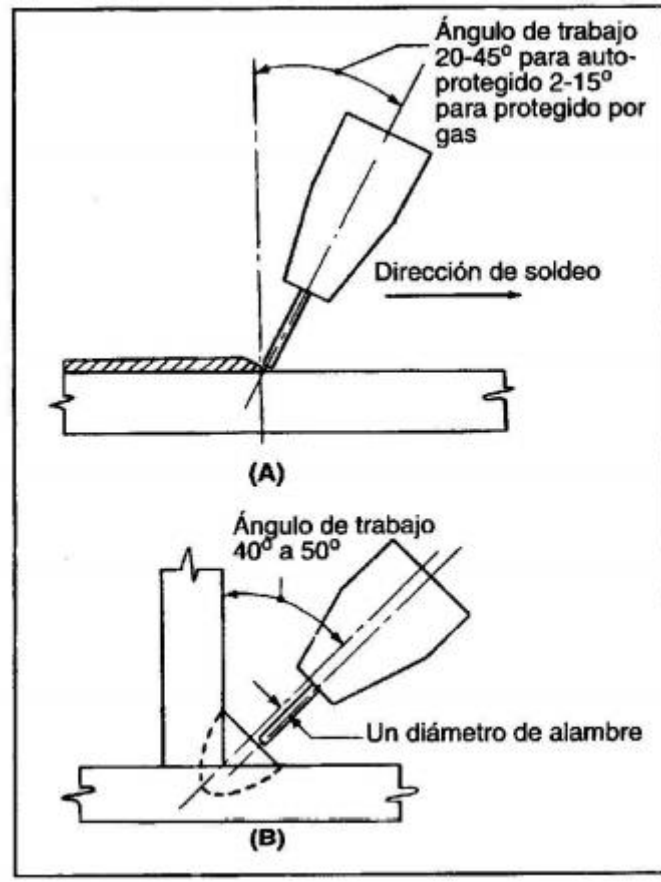


FIGURA 7: POSICIÓN DEL ALAMBRE

En el soldeo protegido con gas se utilizan ángulos de 2 a 15° y no más de 25°, ya que si el ángulo de desplazamiento es muy grande se pierde la efectividad de la protección gaseosa.

Cuando el soldeo en ángulo se realiza en posición horizontal, el flujo de material tiende a desviarse en la dirección de soldeo y hacia un lado. Para corregir esta tendencia, el alambre debe apuntar a la chapa inferior cerca de la esquina del rincón de la unión entre las dos chapas. Además del ángulo de desplazamiento, que será como se ha indicado anteriormente, el ángulo de trabajo será de 40° a 50° en relación con la chapa vertical. La figura 7 (B) muestra la desviación del electrodo con respecto al centro de la unión para aminorar el efecto explicado. Para el soldeo en vertical ascendente se puede utilizar un ángulo de trabajo más pequeño.

7. DEFECTOS TÍPICOS EN LAS SOLDADURAS

Se recomienda revisar los defectos que se pueden encontrar en las soldaduras realizadas con MIG/MAG.

Defecto : Porosidad	
Causa	Remedio
- Material base contaminado.	- Extremar la limpieza del material base.
- Alambres tubulares contaminados o sucios.	- Desengrasar.
-Insuficiente cantidad de fundente en el alambre.	- Evitar la suciedad en el taller.
- Tensión muy elevada.	- Secar los alambres.
-Extensión visible (“stickout”) muy grande.	- Cambiar el alambre.
-Extensión visible (“stickout”) muy pequeña (para soldeo autoprotegido).	- Disminuir la tensión.
-Velocidad de soldeo elevada.	-Acortar la extensión y determinar la tensión adecuada
-Caudal de gas bajo que produce una protección defectuosa.	-Alargar la extensión y determinar la tensión adecuada.
-Proyecciones en la tobera que reducen su sección.	- Ajustar la velocidad.
- Caudal de gas alto.	-Aumentar el caudal de gas de protección.
-Excesivas corrientes de viento.	-Retirar las proyecciones de la boquilla.
-Gas de protección contaminado.	-Disminuir el caudal para eliminar la turbulencia.
	-Proteger la zona de soldeo del viento.
	-Controlar la alimentación del gas.
	- Purgar.

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Defecto : Falta de fusión o de penetración	
Causa	Remedio
- Parámetros de soldeo no adecuados	6. Aumentar la velocidad de alimentación del alambre.
- Manipulación del alambre inadecuada	7. Reducir la velocidad de desplazamiento. 8. Disminuir el "stickout". 9. Reducir la dimensión del alambre 10. Aumentar la velocidad de soldeo (para el soldeo autoprotegido). 11. Mantener la inclinación correcta. 12. Centrar la pistola y elegir el ángulo de inclinación adecuado.
- Diseño inapropiado de la unión	13. Reducir la desalineación 14. Aumentar la separación en la raíz. 15. Reducir el talón
Defecto : Grietas	
Causa	Remedio
- Embridamiento excesivo	- Reducir el embridamiento - Precalentar - Utilizar un metal de aporte más dúctil - Realizar un martillado.
- Alambre inadecuado	- Revisar la composición del fundente o del alambre.
- Defecto en el llenado de electrodo	- Cambiar el electrodo
Defecto : Mordeduras	
Causa	Remedio
- Tensión excesiva	- Disminuir la tensión para que el calentamiento de la pieza sea menor.
- Movimiento lateral muy rápido.	- Dar un movimiento lateral más lento y retener un poco a los lados del cordón.
- Velocidad de avance excesiva	- Disminuir la velocidad de avance.
- Pistola con inclinación excesiva.	- Mantener la inclinación adecuada de la pistola.

CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA

Manual de Soldador Especializado

Defecto : Inclusiones de escoria	
Causa	Remedio
-Intensidad de corriente muy débil.	-Aumentar la intensidad para que la escoria se funda y flote en el baño.
- Cordones mal distribuidos.	-Distribuir los cordones de forma que no queden estrías muy profundas donde se quede encajada la escoria.
-Movimiento de avance irregular y demasiado ancho.	-Dar un movimiento de avance regular y disminuir la anchura del cordón.
Defecto : Proyecciones	
Causa	Remedio
-Humedad en el gas.	-Emplear gas de protección bien seco.
- Arco demasiado largo.	-El arco debe tener una longitud de unos 3 mm.
-Intensidad o tensión demasiado elevada.	-Disminuir la velocidad de alimentación del alambre o la tensión.
-Pistola al polo negativo.	-Colocar la pistola al polo positivo.
-Longitud libre de varilla excesiva.	-Disminuyendo la longitud libre de varilla disminuyen las proyecciones.
Defecto : Agujeros	
Causa	Remedio
- Intensidad muy elevada.	-Disminuir la intensidad para evitar la perforación de la chapa.
-Tensión de arco muy baja.	-Aumentar la tensión y disminuirá la penetración.
-Movimiento de avance muy lento.	-Aumentar la velocidad de avance.
-Bordes de las chapas muy separados.	-Disminuir la separación entre los bordes.
-Metal base muy caliente.	-Dejar enfriar antes de depositar un nuevo cordón.

NOTA:

El mantenimiento del equipo de soldeo debe ser idéntico al que se le da al de soldeo MIG/MAG.



CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA
UN MUNDO EN OFICIOS

 097 40 66 65

 [cefotec.uy](https://www.facebook.com/cefotec.uy)

 info@centrodeformaciontecnica.com

 www.centrodeformaciontecnica.com

