

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES

LECTURAS DE INGENIERÍA 26

UNIONES SOLDADAS Y SU SIMBOLOGÍA SEGÚN AWS



Recopiló:

Mtro. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.

2018-1

INTRODUCCIÓN

En la fabricación de productos metálicos, el soldador suele guiarse por medio de un plano el cual le muestra cómo debe realizar su trabajo. En el plano no solo se muestra donde se debe efectuar la soldadura, además de esto se indica el tipo de junta , las dimensiones de los cordones y su forma, toda esta información se resume por una serie de símbolos que han sido especificados por AWS .

Los símbolos, como en cualquier otro caso, son utilizados para precisar y entender mejor la información que se muestra. La **simbología de la soldadura** es utilizada para graficar diseños sobre un plano. Utilizado en la ingeniería (industrias). Ayuda al ingeniero a hacer trabajos de forma práctica y precisa, obedeciendo ciertas reglas. American Welding Society (AWS) estableció un conjunto de **símbolos básicos para soldadura** y su aplicación en la industria. Los **símbolos de soldadura** se utilizan para informar gráficamente una serie de instrucciones. No se necesitan largas explicaciones para entenderlas. Necesariamente, para poder entender y graficar los diseños sobre el plano, se necesita saber qué tipos de símbolos se utilizan básicamente.

SOLDADURA

Es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos (o más) partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión. La integración de las partes que se unen mediante soldadura se denomina un *ensamble soldado*.

Muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por calor, sin aplicar presión; otros mediante una combustión de calor y presión; y unos más únicamente por presión, sin aportar calor externo. En algunos casos se agrega un material de aporte o *relleno* para facilitar la fusión. La soldadura se asocia por lo regular con partes mecánicas, pero el proceso también se usa para unir plástico.



Figura 1.

La soldadura es un proceso relativamente nuevo. Su importancia comercial y tecnológica se deriva de lo siguiente:

- La soldadura proporciona una unión permanente. Las partes soldadas se vuelven una sola unidad.
- La unión puede ser más fuerte que los materiales originales, si se usa un metal de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a la de los materiales originales y se emplean las técnicas de soldadura adecuadas.

- En general, la soldadura es la forma económica de unir componentes, términos de uso la soldadura no se limita al ambiente de fábrica. Puede realizarse en campo.

- Aunque la soldadura tiene las ventajas indicadas, también tiene ciertas limitaciones y desventajas (o desventajas potenciales):
 - La mayoría de las operaciones de soldadura se realizan en forma manual y son elevadas en términos de costo de mano de obra. Muchas operaciones de soldadura se consideran cuestiones especializadas y no son muchas las personas que las realizan.

 - Casi todos los procesos de soldadura implican el uso de mucha energía, y por consiguiente son peligrosos.

 - Dado que mediante la soldadura se obtiene una unión permanente entre los componentes, no permite un desensamble adecuado. Si se requiere un desensamble ocasional de producto (para reparación o mantenimiento), no debe usarse la soldadura como método de ensamble.

 - La unión soldada puede padecer ciertos defectos de calidad que son difíciles de detectar. Los defectos pueden reducir la resistencia de la unión, pero muchas veces se pueden detectar mediante el uso de ensayos no destructivos.

1. MÉTODOS

La soldadura más usada es la de *fusión con electrodo fusible*. Este método consiste en la unión de dos piezas mediante la utilización de un cordón de metal fundido que proviene del electrodo. Para no permitir que el baño de fusión se oxide en contacto con el aire, se le protege con una envoltura gaseosa. El tipo de protección determina distintos tipos de soldadura, a saber:

- **Soldadura Manual**

Se realiza con electrodo revestido SMAW (del inglés: Shielded Metal arc Welding); es la fusión del revestimiento la que crea la protección. Para soldaduras de acceso dificultoso o soldaduras de obra.

- **Soldadura Semi-Automática**

Esta soldadura está protegida bajo atmósfera de gas inerte, incluida de manera independiente, GMAW (del inglés: Gas Metal Arc Welding).

- **Soldadura Automática**

Se realiza bajo un polvo fundente o flux, o también llamado arco sumergido; SAW (del inglés: Submerged Arc Welding).

- **Otros Sistemas de Unión por Soldadura**

- ❖ Soldadura por Resistencia Eléctrica (pernos conectadores).
- ❖ Soldadura con Plasma.
- ❖ Por Láser o Ultrasonido.

Tabla 1. Procesos de soldadura y principales aplicaciones (<http://mecmex.com/tipos-de-metales-de-soldar/>)

Tipo de Metal	Electrodo	MIG	AC - TIG	DC - TIG	CAC-A DC	Plasma
Acero	✓	✓		✓	✓	✓
Acero inoxidable	✓	✓		✓	✓	✓
Aluminio		✓	✓		✓	✓
Fierro fundido	✓				✓	✓
Cobre, latón		✓		✓		✓
Titanio				✓		✓
Aleación de magnesio			✓			✓
Todos conductivos eléctricos						✓
Nivel de habilidad	Moderato	Bajo	Alto	Alto	Moderato	Bajo
✓ = Recomendado	Procesos de Soldadura			Procesos de Corte		

2. TIPOS DE JUNTAS O UNIONES SOLDADAS.

Se pueden agrupar las uniones básicas en 5 tipos diferentes, algunas tienen sus variantes que dependen de su diseño en particular, pero estas serán explicadas más adelante.

- Junta a tope (Butt joint): Es la unión entre dos miembros alineados aproximadamente en el mismo plano.
- Junta en esquina (Corner joint): Es la unión entre dos miembros situados en ángulo recto el uno del otro.
- Junta en T (T-joint): Es la unión entre dos miembros situados aproximadamente en ángulo recto el uno del otro, formando una T.
- Junta en traslape o solape (Lap joint): Es la unión entre dos miembros superpuestos.
- Junta de borde (Edge joint): Junta entre bordes de dos o más miembros paralelos o cercanamente paralelos.

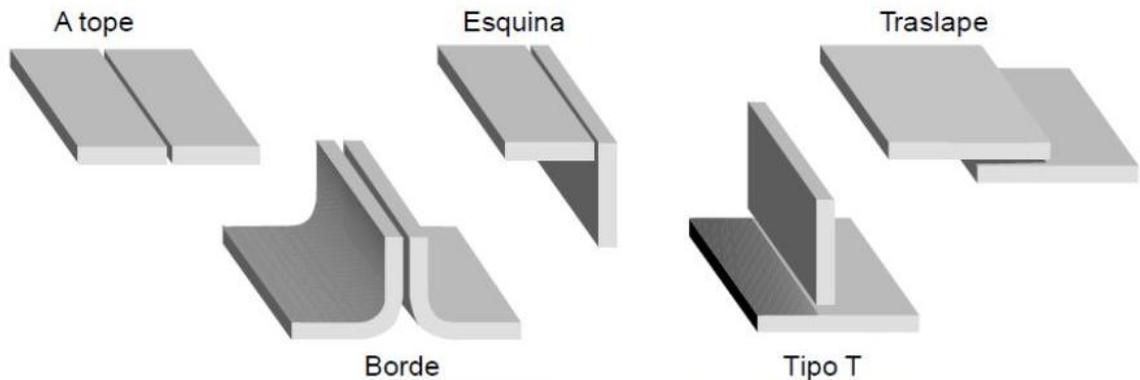


Figura 3. Tipos de juntas o uniones soldadas.

Soldadura a Tope con elementos en prolongación en **T** ó en **L**.

Los bordes se preparan según los tipos **H, V, X, Y, Z**, indicados la figura se determinan en cada caso según su espesor y por la posición de los elementos a unir según la tabla 2:

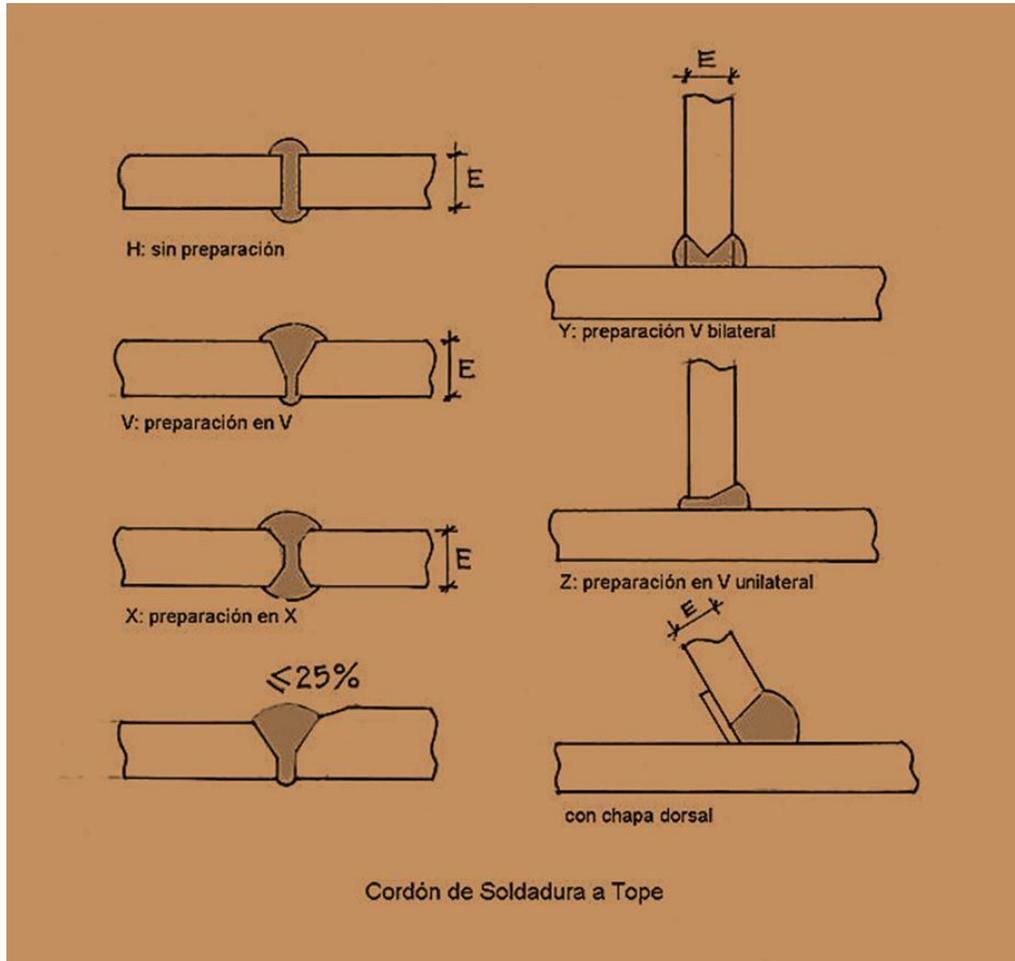


Figura 4. Soldadura a tope

Tabla 2. Espesor y por la posición de los elementos a unir

Espesor		En Prolongación Horizontal	En Prolongación Vertical	en T ó L
5	H	H	H	---
5 -10	H	V	V	Z
10 - 15	V	V	V	Z
12 - 50	V	V	V	Y
20 -40	X	X	X	Y

- ✚ En caso de unir dos piezas de distinta sección dispuestas en prolongación, la que posee mayor sección se adelgaza con una pendiente no superior al 25% hasta conseguir el espesor de la pieza más delgada en la zona de contacto.
- ✚ La soldadura debe ser continua a todo lo largo de la unión y con completa penetración.
- ✚ En uniones de fuerza, debe realizarse por ambas caras el cordón de soldadura.
- ✚ En caso de no ser posible el acceso por la cara posterior, la soldadura se realiza por medio de chapa dorsal.
- ✚ El **cordón de soldadura a tope** no necesita dimensionarse.

Soldadura en Ángulo

- ❖ La **soldadura en ángulo** puede ser en ángulo de **esquina** o en **traslape**.
- ❖ Se realiza con cordón continuo de espesor de garganta **G**, siendo G la altura del máximo triángulo isósceles inscrito en la sección transversal de la soldadura (ver gráfico).
- ❖ Si la longitud del cordón no supera los 500 mm, para su ejecución se comienza por un extremo siguiendo hasta el otro.
- ❖ Cuando la longitud se encuentra entre 500 mm y 1000 mm, la soldadura se ejecuta en dos tramos, iniciándola en el centro.
- ❖ Cuando la longitud supera los 1000 mm, la soldadura se ejecuta por cordones parciales, terminando el tramo donde comienza el anterior.
- ❖ Las esquinas de chapas donde coinciden los puntos de cruce de cordones, debe recortarse para evitar el cruce.
- ❖ Nunca se ejecuta una soldadura a lo largo de otra ya realizada.
- ❖ Se deberá indicar en los planos del proyecto el tipo de soldadura y sus medidas (longitud y espesor de garganta **G**).
- ❖ Los planos de taller deben indicar la preparación de bordes.

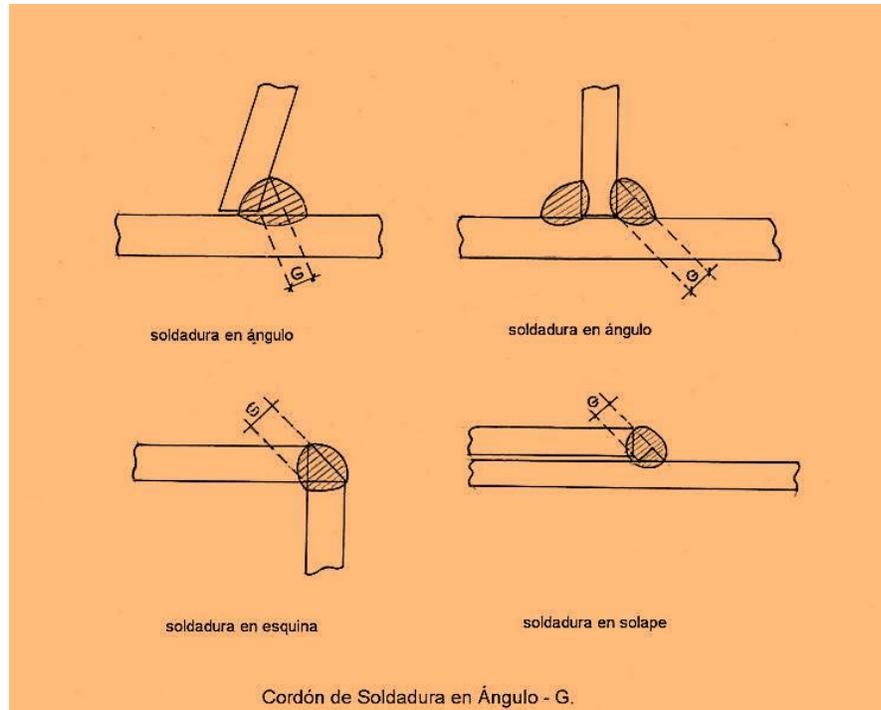


Figura 5. Soldadura en ángulo

Soldadura en "T"

Las soldaduras en "T" se utilizan para unir dos objetos en el ángulo adecuado para formar una forma de "T". Un ejemplo simple sería una viga de metal suspendida de un cielorraso. La soldadura puede realizarse en uno de los dos lados de la viga, donde ésta se une con la cubierta del techo. Si el objeto metálico estuviera colocado por encima del techo en una formación de tipo cruz, el resultado de la soldadura sería lo que se conoce como una junta en forma de cruz.

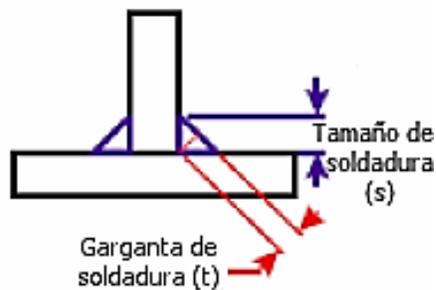


Figura 6. Soldadura en T

Soldadura a traslape o solape

Este tipo de uniones consiste en dos partes que se sobreponen. Se utiliza normalmente para la fabricación de carrocerías de vehículos. Este tipo de unión da resultados satisfactorios en la sustitución parcial de paneles exteriores, pudiendo verificarse que esta configuración de costura cumple todas las condiciones necesarias para restablecer la resistencia original. En este método hay un solapado de las piezas a unir de unos 12 mm. en la zona de la costura. Este solapamiento se realizará por medio del escalonado de uno de los bordes de la costura, en función de la rigidez de la superficie, bien en el borde que permanece en la carrocería o bien en el de la pieza nueva. Este escalonado se realiza por medio de un alicate de filetear o por medio de una dobladora neumática. Las uniones con solape se podrán realizar mediante alguno de los siguientes métodos de soldadura:

- ❖ Soldadura por resistencia eléctrica por puntos.
- ❖ Soldadura MIG/MAG.

Unión de borde

Una soldadura en flanco se hace en los bordes de dos (o más) partes, por lo general láminas metálicas o placas delgadas, en donde las partes en una unión de bordes están paralelas con al menos uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común.

Se utiliza normalmente para espesores finos sin aporte de material (soldadura oxiacetilénica y TIG), el procedimiento de soldeo es crear un baño de fusión con el metal base y desplazarlo por toda la junta. Los ángulos de avance y posicionamiento son iguales que en la posición horizontal pero se realiza de derechas a izquierdas, para que la atmósfera inerte producida por la llama o el gas proteja el baño de fusión

3. TIPOS DE SOLDADURAS

Según el tipo y la geometría de la junta, se pueden citar los siguientes tipos de soldaduras agrupados en 9 formas diferentes.

- Soldadura de ranura (Groove weld): Es una soldadura hecha para unir dos miembros alineados en el mismo plano (junta a tope).

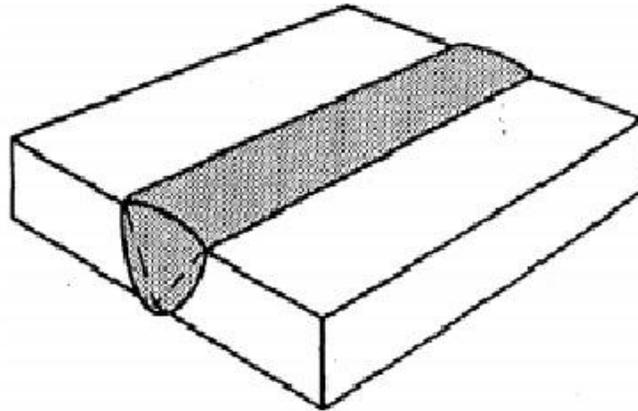


Figura 7. Soldadura a tope (Groove Weld)

- Soldadura de Filete (Fillet weld): Es una soldadura hecha para unir dos miembros situados aproximadamente en ángulo recto el uno del otro (junta en T o junta en esquina).

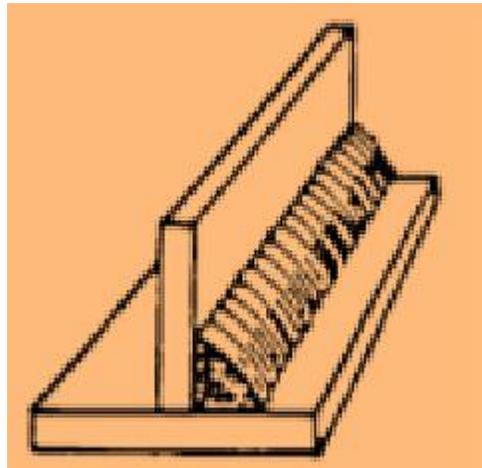


Figura 8. Soldadura de filete (Fillet Weld)

- Soldadura de tapón (Plug weld) o botón ranurado (Slot weld): Es una soldadura hecha por el llenado de un agujero en una pieza de trabajo o una soldadura de filete alrededor de la periferia de un agujero, con el fin de unir la superficie a un componente de solapamiento expuesto a través del mismo.

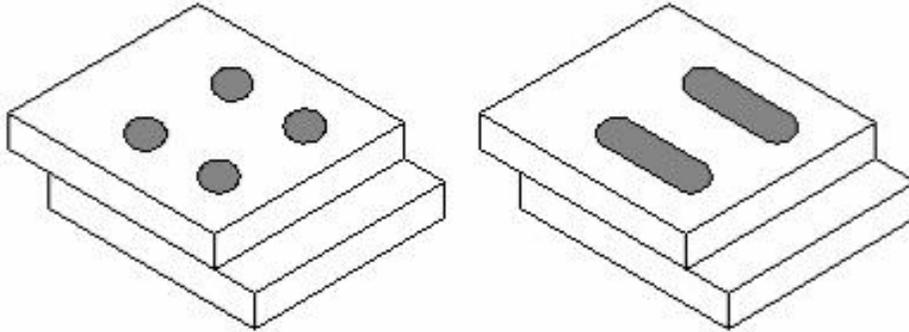


Figura 9. Soldadura de tapón o botón Ranurado(Plug o slot weld)

- Soldadura de pernos (Stud weld): Es una soldadura que une un perno de metal a una pieza de trabajo, se realiza sobre todo el extremo del perno, puede ser hecha por arco o resistencia y con o sin gas de protección.



Figura 10. Soldadura de pernos (Stud weld)

- Soldadura de recubrimiento (Surfacing weld): Es la aplicación de material a la superficie de una pieza para aumentar la resistencia al desgaste o a la corrosión, puede ser por soldadura, soldadura fuerte o pulverización.

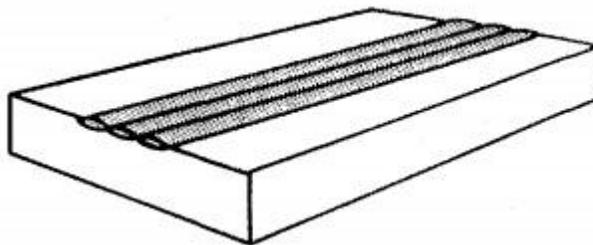


Figura 11. Soldadura de recubrimiento (Surface weld)

- Soldadura de reborde (Flange Weld): Es una soldadura que se utiliza para unir dos o más partes en las que el metal de soldadura cubre parte o la totalidad de la anchura del borde.

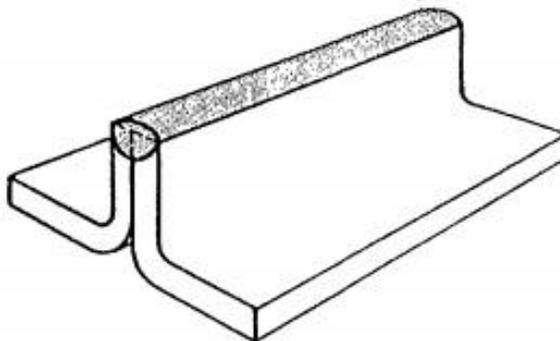


Figura 12. Soldadura de reborde (Flange weld)

- Soldadura de costura (Seam weld): Es una soldadura hecha por una resistencia en la que la fuerza es aplicada de forma continua o intermitentemente para producir una soldadura lineal.

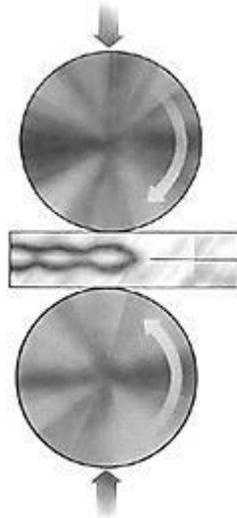


Figura 13. Soldadura de costura (Seam weld)

- Soldadura de puntos o proyección (Spot or projection weld): Es una soldadura que se produce por la presión y el calor obtenido por la resistencia la corriente eléctrica en las superficies de contacto de una.

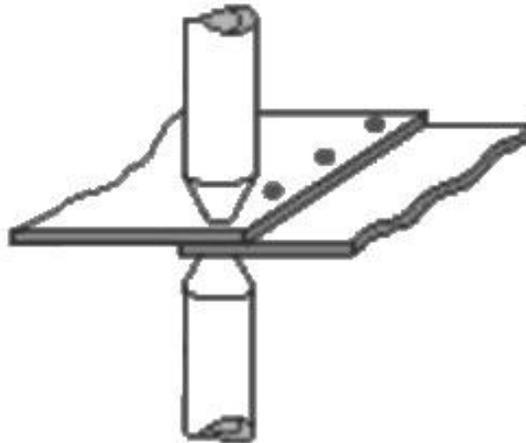


Figura 14. Soldadura de punto o proyección (spot or projection weld)

4. INTERPRETANDO LA SIMBOLOGÍA PARA LA SOLDADURA SEGÚN LA NORMA AWS A 2.4

En muchos diseños mecánicos se requiere la soldadura de piezas y partes, esta información debe estar reflejada en los planos mecánicos y para ello se recurre a la simbología, la cual está perfectamente definida en las normas industriales.

En esta pequeña exposición se hará referencia a la norma American AWS A 2.4, la cual contempla los símbolos o ideogramas para definir a la soldadura, además de dictar las pautas para su representación en los planos mecánicos y de construcción.

La estructura base del símbolo para definir el tipo de unión soldada, es la señalización, la cual está conformada por una línea horizontal unida a una flecha inclinada. La línea horizontal se le conoce como línea de referencia y la flecha apunta o indica la junta soldada.

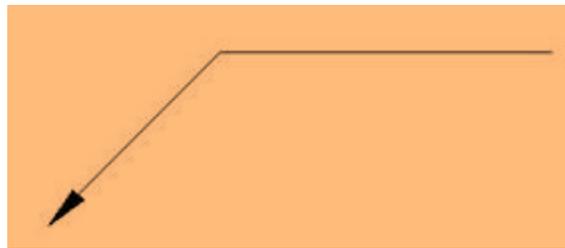


Figura 15.

A nivel de la línea de referencia se coloca la información sobre la soldadura junto con el símbolo de la unión soldada.

La línea que contiene a la flecha puede ser quebrada o múltiple si por razones de dibujo es necesario.

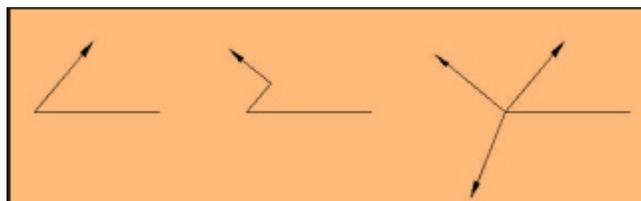


Figura 16.

La información que se escribe debajo de la línea de referencia corresponde a la soldadura que se realizará en la junta del lado que indica la flecha.

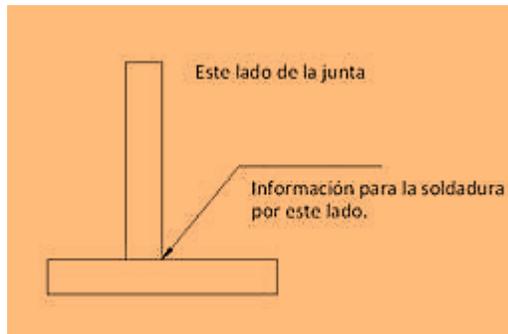


Figura 17.

Si la información se plasma sobre la línea de referencia, la soldadura se realizará en el lado opuesto al indicado por la flecha.

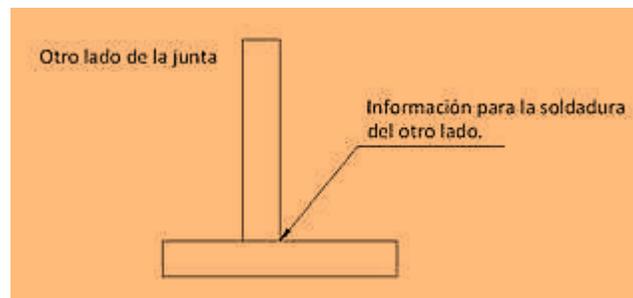


Figura 18.

Si la soldadura ha de realizarse en la obra o en el campo, al símbolo se le coloca un banderín relleno en el punto en donde se une la flecha con la línea de referencia.

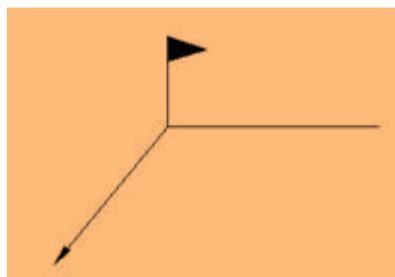


Figura 19.

Cuando la soldadura es continua alrededor de toda la unión, al símbolo se le coloca un pequeño círculo cuyo centro está en la unión de la línea de referencia y la flecha.

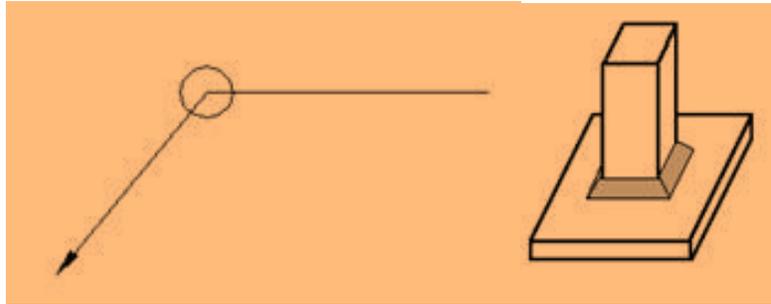


Figura 20.

Si es necesario colocar información adicional como el tipo de procedimiento, de proceso requerido, electrodo, tolerancias o cualquier otra información que ayude a entender la ejecución de la soldadura, la misma se coloca en la cola del símbolo.

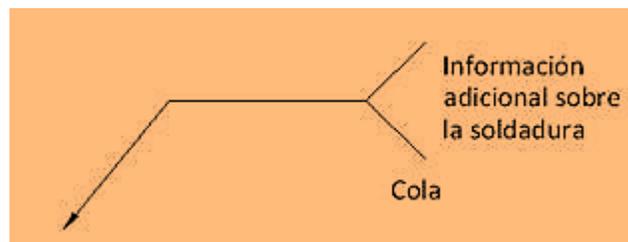
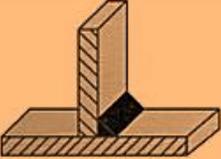
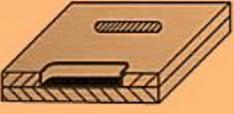
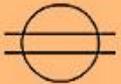


Figura 21.

Para definir el tipo de junta o unión soldada (soldadura a tope, en V, etc.) la norma contempla los símbolos adecuados para su representación. La tabla 3 muestra los símbolos más comunes.

Tabla 3. Símbolos más comunes

No.	Símbolo	Ilustración	Descripción
1			Soldadura a tope de pestañas
2			Soldadura a tope de bordes rectos
3			Soldadura a tope en V
4			Soldadura a tope en media V
5			Soldadura a tope en Y
6			Soldadura a tope en media Y
7			Soldadura a tope en U
8			Soldadura a tope en J
9			Soldadura con respaldo
10			Soldadura de filete
11			Soldadura de tapón
12			Soldadura de puntos
13			Soldadura continua o de cordón

Aplicaciones de simbolos complementarios

En algunos casos como se muestra en la Tabla 4, aparte de incluir en el plano la simbología básica, también es necesario incluir simbolos complementarios para denotar el aspecto superficial de la soldadura.

Tabla 4. Símbolos complementarios

No.	Símbolo	Ilustración	Descripción
1			Soldadura a tope en V al ras
2			Soldadura a tope en doble V convexa
3			Soldadura de filete en ángulo cóncavo
4			Soldadura a tope en V al ras con cordón posterior al ras

Si la soldadura es simétrica, se coloca el mismo símbolo que representa a la unión soldada tanto arriba como debajo de la línea de referencia, si es asimétrica, se coloca un símbolo distinto a cada lado de la línea de referencia.

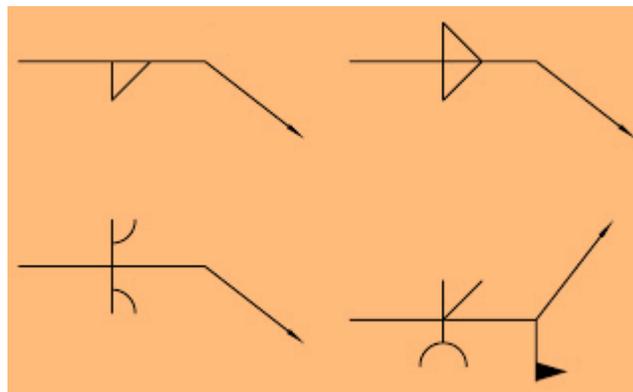


Figura 22.

Los símbolos pueden superponerse si la junta soldada requiere más de un tipo de soldadura.

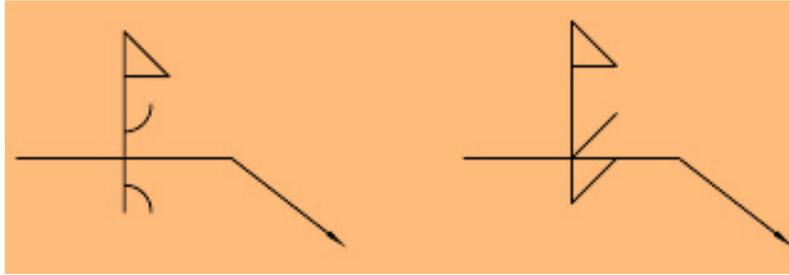


Figura 23.

Toda la información que puede contener el símbolo de la soldadura queda esquematizada en la figura siguiente.

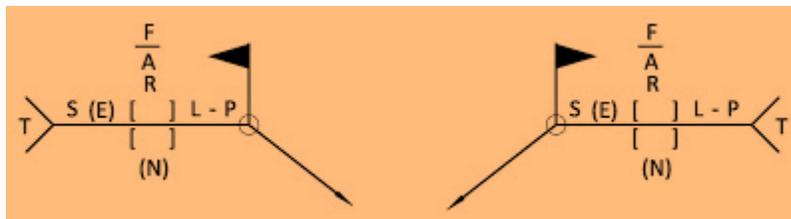


Figura 24.

S = Profundidad del bisel o garganta.

(E) = Profundidad de la soldadura.

[] = Espacio para el símbolo del tipo de unión.

F = Símbolo del acabado (maquinado, martillado, etc).

— = Símbolo para el contorno de la soldadura.

A = Ángulo del bisel o de la V.

R = Separación entre las piezas a soldar, separación en la raíz.

(N) = Número de puntos de soldadura.

L = Longitud del cordón de soldadura.

P = Separación o paso entre cordones.

T = Proceso de soldadura, electrodo, tolerancias, etc. (Opcional).

Para indicar el contorno de la soldadura, los símbolos normalizados según la AWS son:

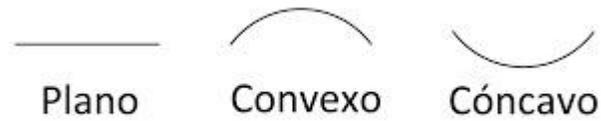


Figura 25.

Ejemplo:

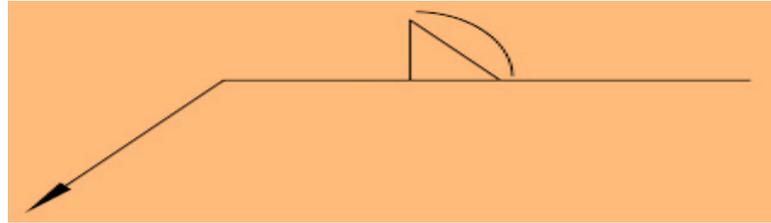


Figura 26.

Para especificar el acabado o remate de la soldadura se emplea una letra, que en la norma original son:

- C = Burilado, cincelado.
- G = Pulido, esmerilado.
- H = Martillado.
- M = Maquinado.
- R = Laminado.

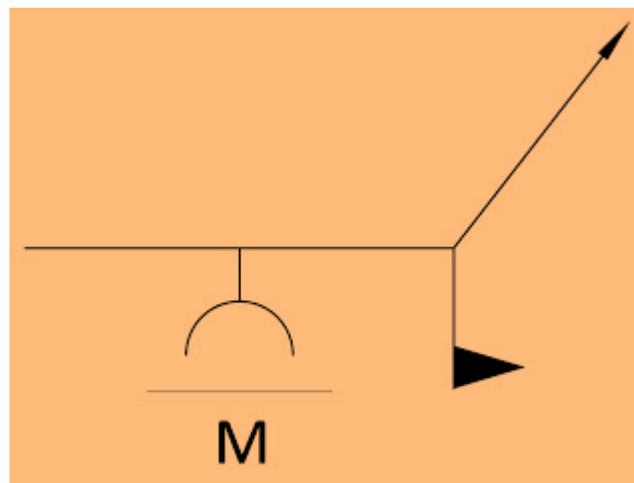


Figura 27.

En la figura 28 se muestra la ubicación normal de los símbolos de una soldadura

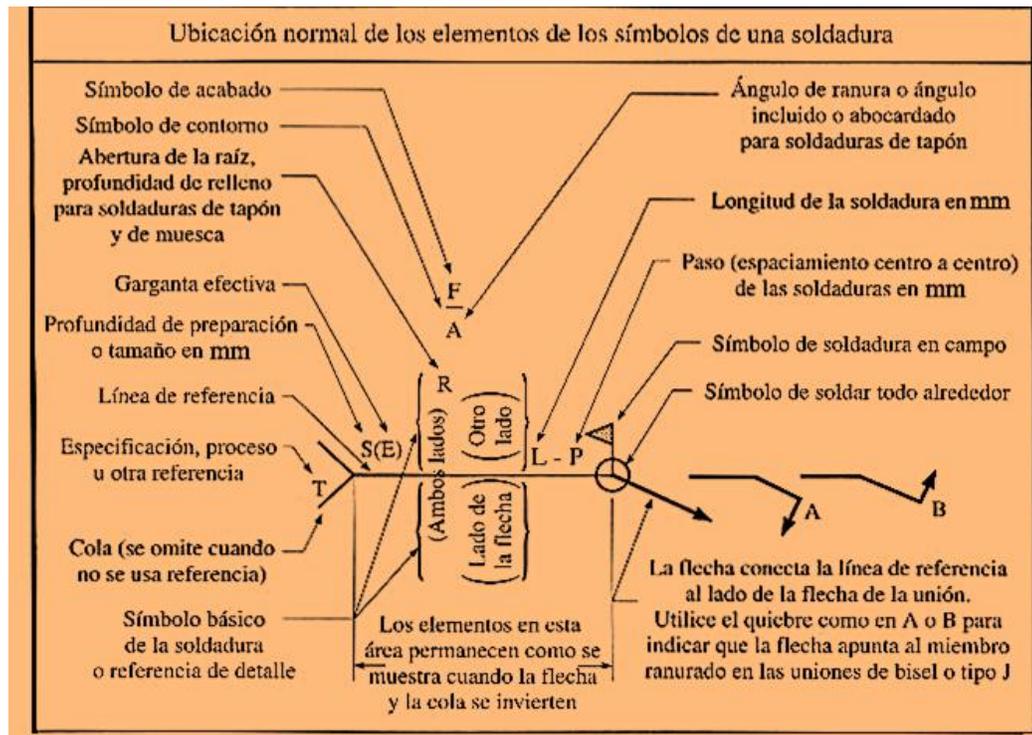
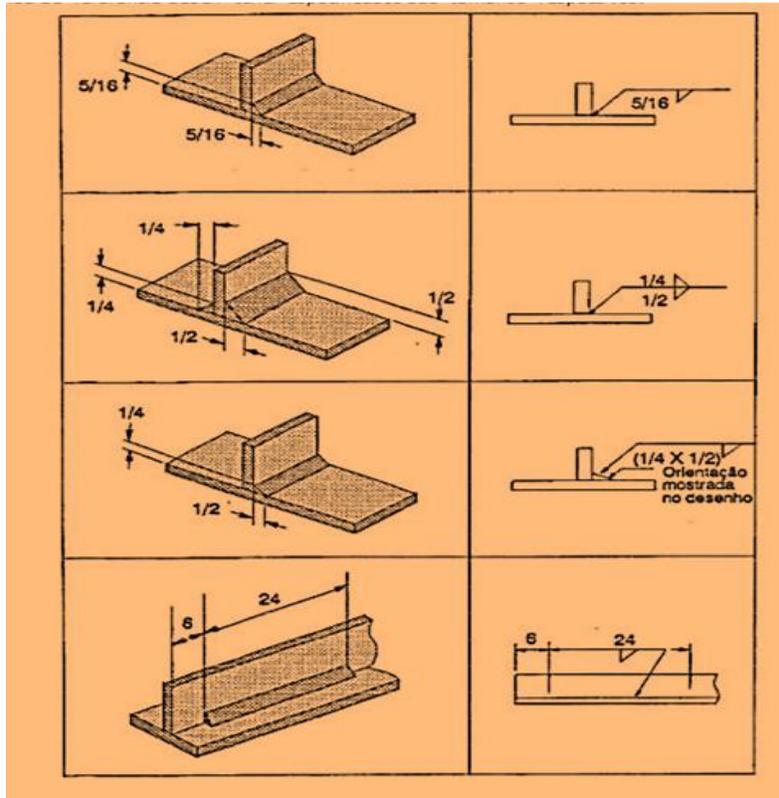


Figura 28. Ubicación normal de los símbolos de una soldadura

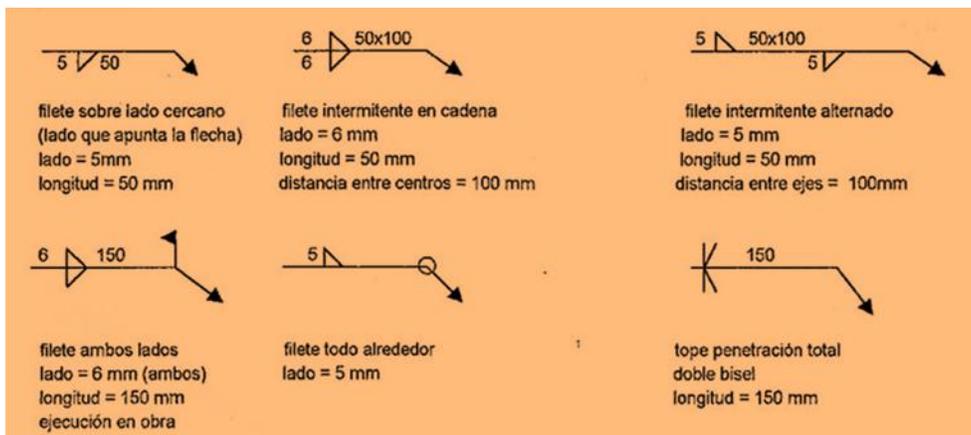
Precauciones en el uso de los Símbolos de Soldadura

- Los **símbolos en la soldadura** se utilizan para simplificar una serie de instrucciones que, en un plano, abarcarían demasiado espacio, haciendo más pesada su comprensión.
- Cada símbolo o gráfico representa un diseño a seguir de un trabajo a hacer.
- La “cola” se puede omitir cuando no se usa línea de referencia. No tiene información especial.

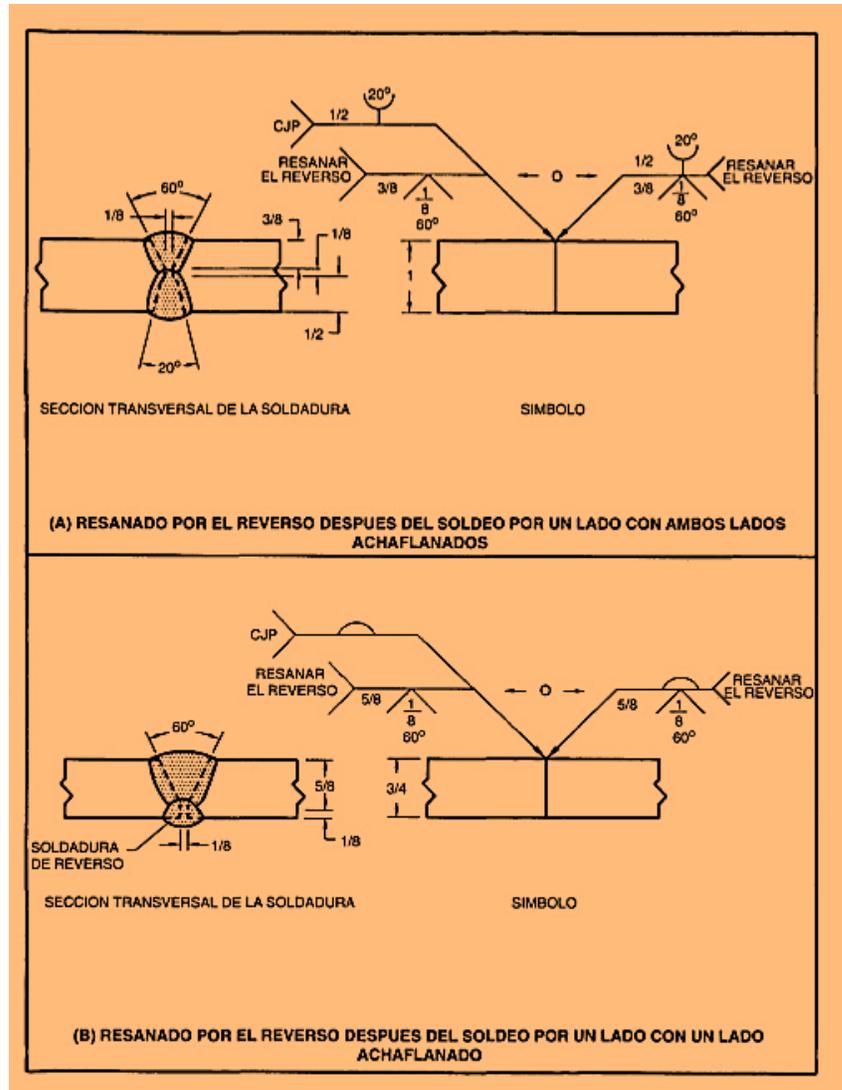
En la figura 29 se muestran algunos ejemplos de aplicación de aplicación de símbolos de soldadura:



a)



b)



c)

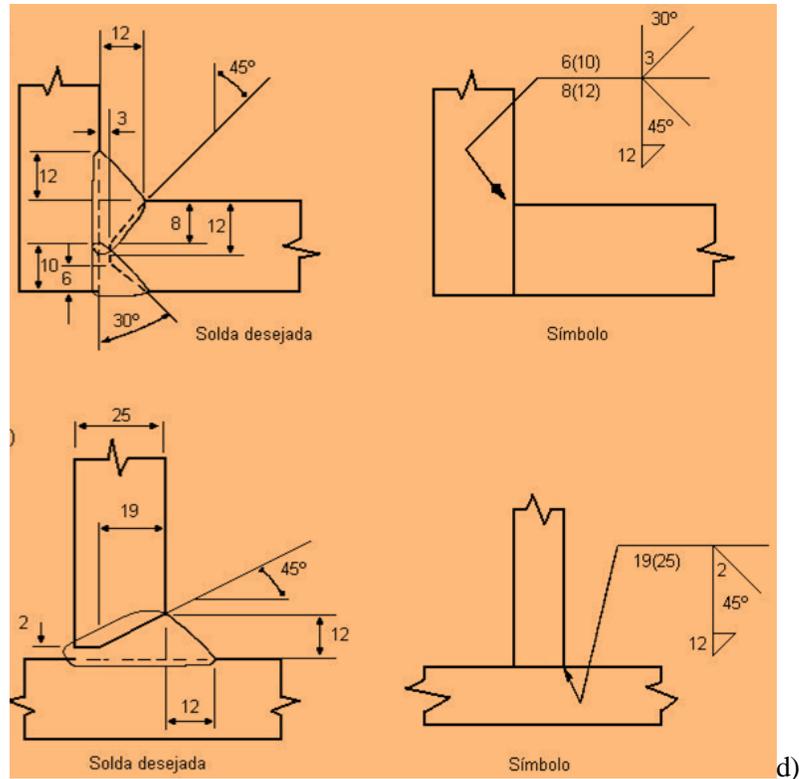


Figura 29. Ejemplos de aplicaciones de ejemplos de simbología de soldadura

5. POSICIONES DE SOLDADURA:

Plana: Soldadura en la que la junta se encuentra en forma horizontal, en un plano horizontal. Es aquella en que el trabajo está debajo de la mano. La ejecución de cordones en esta posición es fácil y económica, por lo tanto en cuanto sea posible debe utilizarse

Horizontal: Soldadura en la que la junta se encuentra en forma horizontal, en un plano vertical.

Vertical: Soldadura en la que la junta se encuentra en forma vertical, en un plano vertical. Se puede realizar en forma ascendente o descendente.

Sobre cabeza: A diferencia de la posición plana, el trabajo se deposita por encima de la mano. Es la posición más complicada para trabajar la soldadura.

En ocasiones, se pueden mezclar 2 o más de las anteriores posiciones (llamadas posiciones fundamentales) como por ejemplo una soldadura en un plano inclinado.

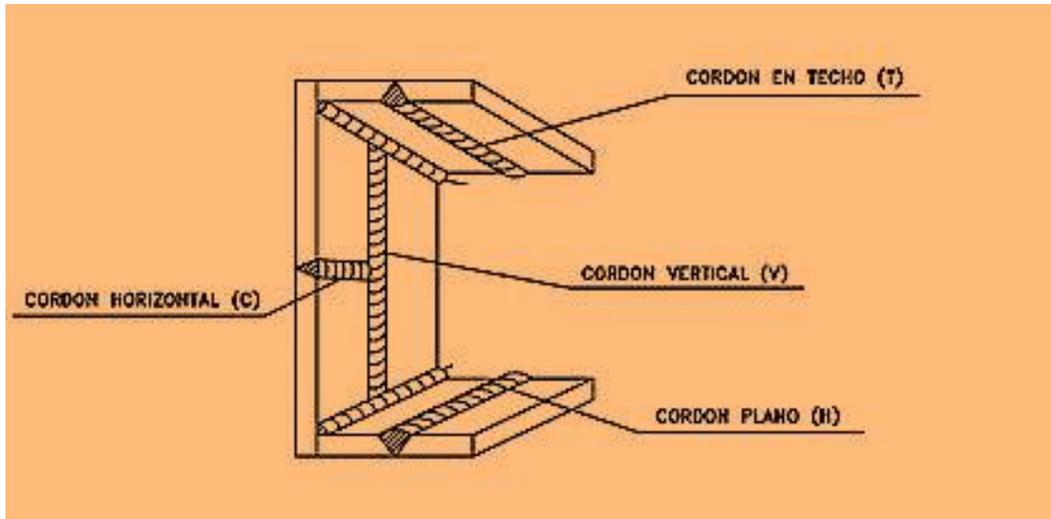


Figura 30. Posiciones de soldadura

6. ELECTRODOS PARA SOLDADURA ELÉCTRICA

(ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html)

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.

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.

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

E 60XX ... 62000 lb/pulg² mínimo (62 ksi)

E 70XX ... 70000 lb/pulg² mínimo (70 ksi)

E110XX ... 110000 lb/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:

Tabla 5. Tabla interpretativa para el último dígito

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 100g 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).

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 a la tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura

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.

En la tabla 7 se presenta un resumen donde se indica el tipo de corriente y revestimiento del electrodo según la norma AWS:

Tabla 7. 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 o sobrecabeza.

7. CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS PARA ACEROS INOXIDABLES

La especificación AWS A5.4 dicta las normas de clasificación de electrodos para soldar aceros inoxidable. 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, o E 310-16

Antes de entrar en la explicación del sistema, es conveniente resaltar que los aceros inoxidable 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 inoxidable, 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 CNN 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).



Figura 31. Designación de electrodos para aceros inoxidables.

8. 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.

9. SEGURIDAD

La soldadura es por naturaleza peligrosa para las personas. Quienes ejecutan estas operaciones deben tomar serias medidas de seguridad. Las altas temperaturas de los metales fusionados en la soldadura son un peligro obvio. En la soldadura con gas, los combustibles (por ejemplo, el acetileno) corren el riesgo de incendiarse. Gran parte de los procesos usan mucha energía para producir la fusión de las superficies de las partes que se van, a unir. En muchos procesos de soldadura, la corriente eléctrica es una fuente de energía térmica, por lo que existe el riesgo de una descarga eléctrica para el trabajador.

Ciertos procesos de soldadura tienen sus propios peligros particulares. En la soldadura con arco eléctrico, el trabajador debe considerar los siguientes aspectos:

- * **Máscara de soldar**, protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.
- * **Guantes de cuero**, tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.
- * **Coletos o delantales de cuero**, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.
- * **Polainas y casaca de cuero**, cuando es necesario hacer soldadura en posiciones verticales y sobre cabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.

- * **Zapatos de seguridad**, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.
- * **Gorro**, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones.
- * **Protección de la vista** La protección de la vista es un asunto tan importante que merece consideración aparte. El arco eléctrico que se utiliza como fuente de calor y cuya temperatura alcanza sobre los 4,000° C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de las no visibles, tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioletas e infrarrojos. El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque sí es extremadamente dolorosa. Su efecto es como “tener arena caliente en los ojos”. Para evitarla, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactínico) que ajuste bien y, delante de éste, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada.



Figura 32. Elementos de protección.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://mecmex.com/tipos-de-metales-de-soldar/>
2. ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html