

CODIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES

1. INTRODUCCION

El contenido de este documento ha sido preparado para dar un alcance y conocimiento básico en lo referente al porque de la utilización de códigos, normas y especificaciones en la aplicación de la industria metal mecánica.

Los códigos, normas y especificaciones son documentos que rigen y regulan actividades industriales.

Los documentos que establecen lineamientos para las actividades relacionadas con la industria de la soldadura tienen el propósito de asegurar que solo se producirán bienes soldados seguros y confiables, y que las personas relacionadas con las operaciones de soldadura no estarán expuestas a peligros indebidos ni a condiciones que pudieran resultar dañinas a su salud.

Todo el personal que participa en la producción de bienes soldados, ya sean diseñadores, fabricantes, proveedores de productos y servicios, personal de montaje, soldadores o inspectores, tienen la necesidad de conocer, por lo menos, las porciones particulares de las normas que aplican a sus actividades.

1.1. Definiciones

Los códigos, las especificaciones y otros documentos de uso común en la industria tienen diferencias en cuanto a su extensión, alcance, aplicabilidad y propósito. A continuación se mencionan las características claves de algunos de estos documentos.

1.1.1. Código (code)

Es un conjunto de requisitos y condiciones, generalmente aplicables a uno o más procesos que regulan de manera integral el diseño, materiales, fabricación, construcción, montaje, instalación, inspección, pruebas, reparación, operación y mantenimiento de instalaciones, equipos, estructuras y componentes específicos.

1.1.2. Normas (standards)

El término "norma " tal y como es empleado por la AWS, la ASTM, la ASME y el ANSI, se aplica de manera indistinta a especificaciones, códigos, métodos, practicas recomendadas, definiciones de términos, clasificaciones y símbolos gráficos que han sido aprobados por un comité patrocinador (vigilante) de cierta sociedad técnica y adoptados por esta.

1.1.3. Especificación

Una especificación es una norma que describe clara y concisamente los requisitos esenciales y técnicos para un material, producto, sistema o servicio. También indica los procedimientos, métodos, clasificaciones o equipos a emplear para

determinar si los requisitos especificados para el producto han sido cumplidos o no.

1.2. Origen De Las Normas

Las normas son desarrolladas, publicadas y actualizadas por organizaciones y entidades gubernamentales y privadas con el propósito de aplicarlas a las áreas y campos particulares de sus intereses.

Algunas de las principales entidades que generan las normas relacionadas con la industria de la soldadura son las siguientes:

- American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación)
- American Bureau of Shipping –ABS (Oficina Americana de Barcos)
- American Institute of Steel Construction – AISC (Instituto Americano de Construcción de Aceros)
- American National Standards Institute – ANSI (Instituto Nacional Americano de Normas)
- American Petroleum Institute – API (Instituto Americano del Petróleo)
- American Society of Mechanical Engineers – ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)
- American Water Works Association – AWWA (Asociación Americana de Trabajos de Agua)
- American Welding Society – AWS (Sociedad Americana de Soldadura)
- Association of American Railroads – AAR (Asociación de Ferrocarriles Americanos)
- ASTM, anteriormente The Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)
- International Organization for Standardization – ISO (Organización Internacional para la Normalización)
- SAE, anteriormente The Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices).

Las normas reflejan el consenso de las partes relacionadas con su campo de aplicación, por lo que cada organización que las prepara, tiene comités o grupos de trabajo compuestos por diferentes representantes de las diferentes partes interesadas. Todos los miembros de esos comités son especialistas en sus campos, y preparan borradores o versiones preliminares de las normas, mismos que son revisados por grupos más amplios antes de que las versiones finales sean aprobadas.

1.3. Aplicabilidad De Las Normas

El cumplimiento de los requisitos de las normas es obligatorio cuando tales normas están referidas o especificadas en las jurisdicciones gubernamentales, o cuando estas están incluidas en contratos u otros documentos de compra.

El cumplimiento de las prácticas recomendadas o las guías es opcional. Sin embargo, si estos son referidos en los códigos o especificaciones aplicables o en

acuerdos contractuales, su uso se hace obligatorio. Si los códigos o acuerdos contractuales contienen secciones o apéndices no obligatorios, el empleo de las guías o prácticas recomendadas, quedan a la discreción del usuario.

1.3.1. Descripción De Algunas Normas De Soldadura

1.3.1.1. Código ANSI / ASME para calderas y recipientes a presión (ASME BPVC).

Erróneamente se ha creído por mucho tiempo que ASME es un tipo de soldadura que consta o se definen como:

Soldadura con proceso SMAW, con electrodo E 7018, en placa de acero y solamente en progresión ascendente, generalmente utilizado para soldar tanques de almacenamiento.

Desafortunadamente, una mentira dicha y repetida tantas veces llega a convertirse en realidad para muchos, y esto es lo que ha pasado en el Ecuador.

En realidad, ASME son las siglas con las que se le conoce a los códigos aplicados a la Ingeniería Mecánica. Esta agrupación de información técnica, muy reconocida a nivel mundial, presenta una serie de libros conocidos como NORMAS tendientes a la normalización en la fabricación, inspección y control de calidad de ciertos artículos.

El código aplicable a la construcción de tanques y recipientes de presión es el: "ASME Boiler and Pressure Vessel – Code Reference". Este código está dividido en 11 secciones identificadas con números romanos. De nuestro interés es la sección IX llamada "Welding and Brazing Qualification" donde se describen los requerimientos para la calificación de los procedimientos de soldadura y soldadores que se utilizarán en la construcción de tanque y recipientes de presión.

1.3.1.2. Sección B31.4, "Sistemas de Transportación Líquida para Hidrocarburos, Gas Líquido de Petróleo, Amoniaco Anhidro y Alcoholes "

Esta sección prescribe requisitos para tubería que transporta líquidos tales como petróleo crudo, condensados, gasolina natural, líquidos de gas natural, gas licuado de petróleo, alcohol líquido, amoniaco anhidro líquido y productos líquidos de petróleo, entre las instalaciones de contratación de los productores, conjuntos de tanques, plantas de procesamiento de gas natural, refinerías, estaciones, plantas de amoniaco, terminales (marinas, de ferrocarril y de autocamiones) y otros puntos de entrega y recepción.

1.3.1.3. Código ANSI/AWS D1.1 de Soldadura Estructural -Acero

Este Código cubre los requisitos aplicables a estructuras de acero al carbono y de baja aleación. Está previsto para ser empleado conjuntamente con cualquier código o especificación que complemente el diseño y construcción de estructuras de acero. Quedan fuera de su alcance los recipientes y tuberías a presión, metales base de espesores menores a 1/8 Pulg (3.2 mm), metales base diferentes a los aceros al carbono y de baja aleación y los aceros con un límite de cedencia mínimo mayor a 100,000 lb/pulg² (690 MPa).

A continuación se indican las secciones que lo componen y un resumen. de los

requisitos que cubren:

1. Requisitos Generales

Contiene la información básica sobre el alcance y limitaciones del código.

2. Diseño de Conexiones Soldadas

Contiene requisitos para el diseño de conexiones soldadas compuestas por perfiles tubulares y no tubulares.

3. Precalificación

Cubre los requisitos para poder excluir a las especificaciones de procedimiento de soldadura de las exigencias de calificación propias del código.

4. Calificación

Contiene los requisitos de calificación para especificaciones de procedimientos y personal (soldadores, operadores de equipo para soldar y "punteadores") de soldadura necesarios para realizar trabajos de código.

5. Fabricación

Cubre los requisitos para la preparación, ensamble y mano de obra de las estructuras de acero soldadas.

6. Inspección

Contiene los criterios para la calificación y las responsabilidades de inspectores, los criterios de aceptación para soldaduras de producción y los procedimientos estándar para realizar la inspección visual y las pruebas no destructivas.

7. Soldadura de Pernos

Esta sección contiene los requisitos aplicables a la soldadura de pernos a acero estructural.

8. Reforzamiento y Reparación de Estructuras Existentes

Contiene la información básica relacionada con la modificación o reparación de estructuras de acero ya existentes.

Anexos - Información Obligatoria

Anexos no Obligatorios

Comentarios sobre el Código de Soldadura Estructural -Acero

1.3.1.4. Código para Soldadura de Puentes ANSI/ASHTO/AWS D1.5

Esta norma cubre los requisitos de fabricación por medio de soldadura aplicables a los puentes de carreteras, y debe ser usado conjuntamente con la *Especificación Estándar para Puentes de Carreteras AASHTO o la Especificación AASHTO para el Diseño de Puentes LRFD.*

Las provisiones de este código no son aplicables a la soldadura de metales base de espesores menores a 3 mm.

Las secciones de que consta este documento se listan a continuación:

1. Provisiones Generales

2. Diseño de Conexiones Soldadas

3. Mano de Obra

4. Técnica

5. Calificación

6. Inspección

7 Soldadura de Pernos

8. Estructuras Estáticamente Cargadas (sin aplicaciones dentro de este código)

9. Puentes de Acero Soldados

10. Estructuras Tubulares (sin aplicaciones dentro de este código)

11. Reforzamiento y Reparación de Estructuras Existentes (sin aplicaciones dentro de este código)

12. Plan de Control de Fractura (Fracture Control Plan -FCP) para Miembros no Redundantes

Anexos-Información Obligatoria

Anexos no Obligatorios

1.3.1.5. Norma API 1104 para Líneas de tubería e Instalaciones Relacionadas

Esta norma aplica a la soldadura por arco y por oxígeno y combustible de tubería empleada en la compresión, bombeo y transmisión de petróleo crudo, productos de], petróleo y gases combustibles, y también para los sistemas de distribución cuando esto es aplicable.

Presenta métodos para la producción de soldaduras aceptables realizadas por soldadores calificados que usan procedimientos y equipo de soldadura y materiales aprobados. También presenta métodos para la producción de radiografías adecuadas, realizadas por técnicos que empleen procedimientos. y equipo aprobados, a fin de asegurar un análisis adecuado de la calidad de la soldadura. También incluye los estándares de aceptabilidad y reparación para defectos de soldadura.

A continuación se citan las secciones que forman parte de esta norma:

Sección 1 – Generalidades

Sección 2 - Calificación de Procedimientos de Soldadura para Soldaduras con Metal de Aporte

Sección 3 - Calificación de Soldadores

Sección 4 - Diseño y Preparación de una Junta para Soldaduras de Producción

Sección 5 - Inspección y Pruebas de Soldaduras de Producción

Sección 6 - Estándares de Aceptación para Pruebas no Destructivas

Sección 7 - Reparación y Remoción de Defectos

Sección 8 - Procedimientos para Pruebas no Destructivas

Sección 9 - Soldadura Automática

Sección 10 - Soldadura Automática sin Adiciones de Metal de Aporte

Apéndice – Estándares Alternativos de Aceptación para Soldaduras

1.3.1.6. Especificaciones AWS para materiales consumibles de soldadura

La Sociedad Americana de Soldadura publica -entre una cantidad numerosa de normas (algunas de las cuales han sido descritas o referidas en este texto) sobre usos y calidad de materiales, productos, pruebas, operaciones y procesos de soldadura, las especificaciones para varillas, electrodos y metales de aporte de soldadura.

Estas especificaciones cubren la mayor parte de los materiales consumibles empleados en procesos de soldadura y soldadura fuerte, e incluyen requisitos obligatorios y opcionales. Los requisitos obligatorios cubren aspectos tales como composición química y propiedades mecánicas, fabricación, pruebas, marcado e identificación y empaque de los productos. Los requisitos opcionales incluidos en

apéndices se proporcionan como fuente de información sobre la clasificación, descripción o uso previsto de los metales de aporte cubiertos.

La designación alfanumérica de la AWS para especificaciones de metales de aporte consta de una letra "A" seguida de un 5, un punto. y uno o dos dígitos adicionales, por ejemplo la AWS A5-1, *Especificación para Electrodo de Acero al Carbono para Soldadura por Arco Metálico Protegido*.

Cuando ASME adopta estas especificaciones, ya sea de manera completa y fiel o con revisiones, le antepone las letras "SF" a la designación AWS, así, la especificación ASME SFA5.1 es similar, si no idéntica, a la AWS A5.1 (de la misma edición).

2. POSICIONES DE SOLDADURA

La clasificación de las posiciones que se indican mas adelante tiene aplicación principalmente a la hora de juzgar la habilidad de los soldadores u operadores de las maquinas de soldeo y también cuando se trata de responsabilidad.

La AWS (Sociedad Americana de Soldadura) y otras especificaciones, distinguen las posiciones cuando se trata de soldar chapas o tuberías, tanto a tope como en ángulo como se indica a continuación.

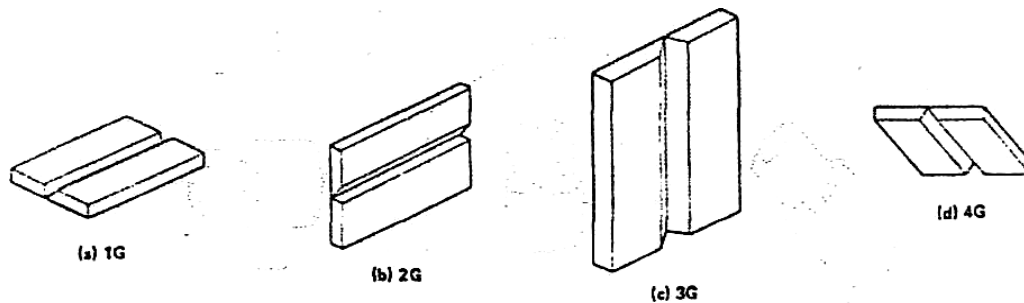


Figura 1. Posiciones de Soldadura en placas con soldadura de ranura.

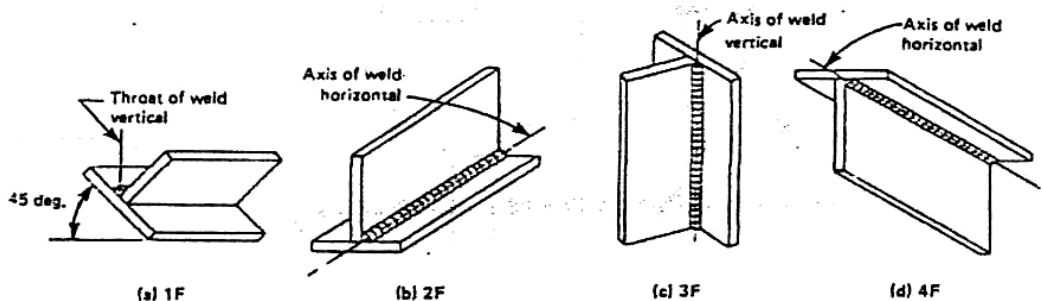


Figura 2. Posiciones de Soldadura en placas son soldadura de filete

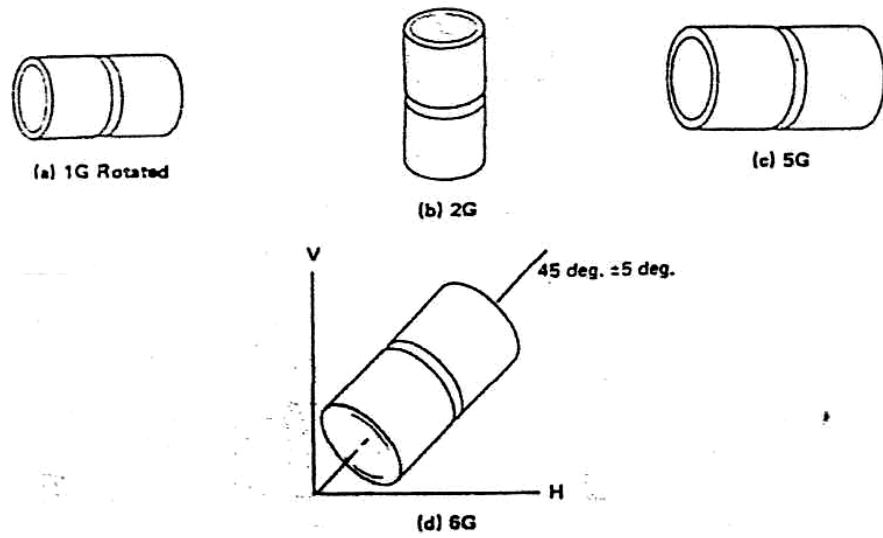
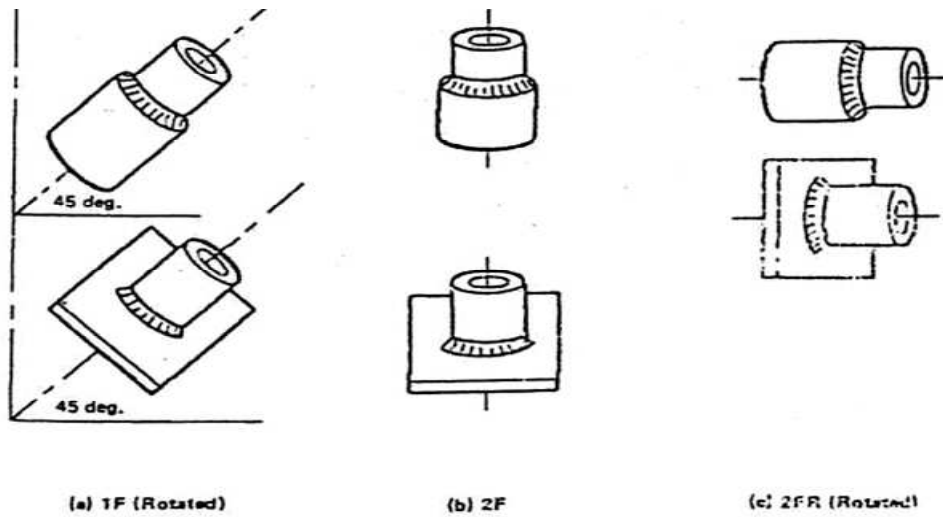


Figura 3. Posiciones de Soldadura en tubo con soldadura de ranura



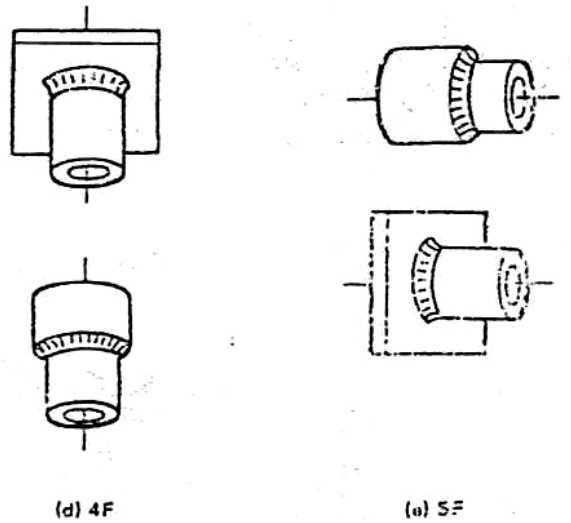


Figura 4. Posiciones de Soldadura en tubo con soldadura de filete

3. TIPOS DE JUNTAS

Existen cinco estilos básicos de juntas que son:

- La junta a traslape
- La junta a tope
- La junta de esquina
- La junta de orilla
- La junta en T

3.1. Juntas A Traslape.

Están formadas en esencia por dos piezas de metal solapadas o traslapadas, que se unen por fusión mediante soldadura de puntos, de filete, de tapón o de agujero alargado.

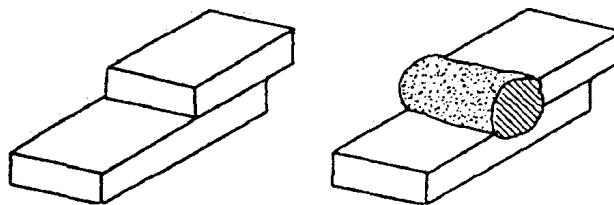


Figura 5. Junta a traslape

3.2. Junta A Tope.

Está comprendida entre los planos de las superficies de las dos partes. Las juntas a tope pueden ser simples, escuadradas, biseladas, en V, de ranuras de una sola J, de ranura de una sola U, o dobles.

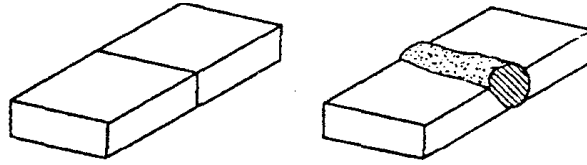


Figura 6. Junta a tope

3.3. Juntas De Esquina

Son lo que implica su nombre: soldaduras hechas entre dos partes situadas a un ángulo de 90 grados. Estas pueden ser de medio traslape, de esquina a esquina, o de inserción completa, y pueden prepararse para formar un solo bisel, una sola V o ranuras de una sola U.

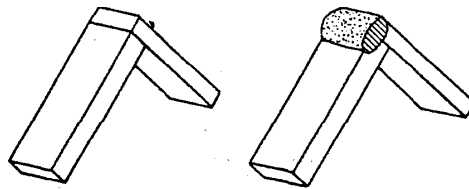


Figura 7. Junta de esquina

3.4. Juntas De Brida O Juntas De Orilla

Resultan de la fusión de la superficie adyacente de cada parte, de manera que la soldadura quede dentro de los planos superficiales de ambas partes. Éstas pueden ser de una sola brida o de doble brida.

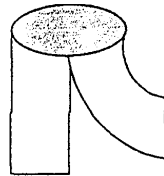


Figura 8. Junta de orilla

3.5. Juntas en T

Son precisamente lo que su nombre indica, pero también pueden ser de un solo bisel, de doble bisel, de una sola J y de doble J.

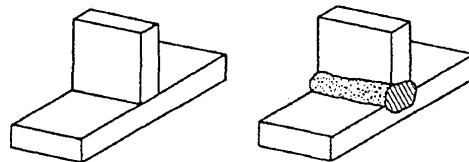


Figura 9. Junta en T

4. TIPOS DE SOLDADURAS.

Según el autor Horwitz, existen cinco tipos básicos de soldadura:

- La de cordón
- La ondeada
- La de filete
- La de tapón
- La de ranura

4.1. Las Soldaduras De Cordón.

Se hace en una sola pasada, con el metal de aporte sin movimiento hacia uno y otro lado. Esta soldadura se utiliza principalmente para reconstruir superficies desgastadas, y en muy pocos casos se emplea para juntas.

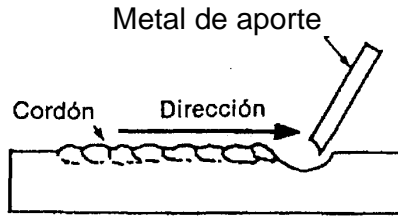


Figura 10. Soldadura de Cordón

4.2. Las Soldaduras Ondeadas.

Se logran haciendo un cordón con algo de movimiento hacia uno y otro lado. Entre estas soldaduras hay también varios tipos, como el zigzag, el circular, el oscilante entre otros. Esta soldadura se también se usa principalmente para la reconstrucción de superficies.

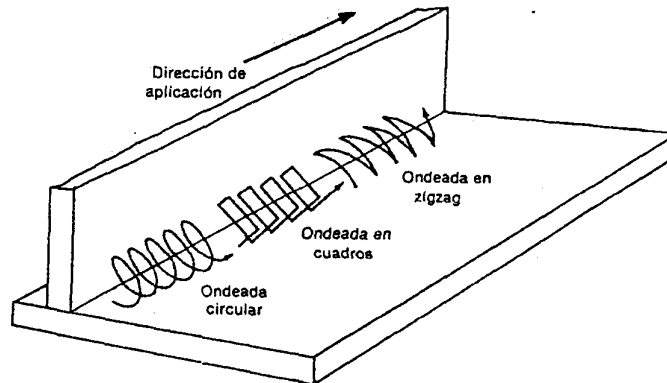


Figura 11. Soldadura ondeada

4.3. Las Soldaduras De Tapón Y De Agujero Alargado.

Sirven principalmente para hacer las veces de remaches. Se emplean para unir por fusión dos piezas de metal cuyos bordes, por alguna razón, no pueden fundirse.

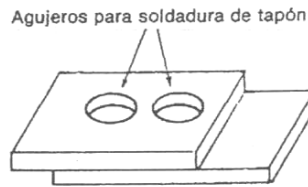


Figura 12. Soldadura de Tapón

4.4. Las Soldaduras De Ranura.

Se realiza entre el espacio que queda entre dos piezas de metal. Estas soldaduras se emplean en muchas combinaciones dependiendo de la accesibilidad, de la economía, del diseño, y del tipo de proceso de soldadura que se aplique.



Figura 13. Soldadura de ranura.

4.5. Las Soldaduras De Filete.

Son similares a las de ranura, pero se hacen con mayor rapidez que éstas. Las juntas soldadas de filete son simples de preparar desde el punto de vista de preparación y ajuste de borde, aunque a veces se requieran de más soldadura que las juntas soldadas de ranura.

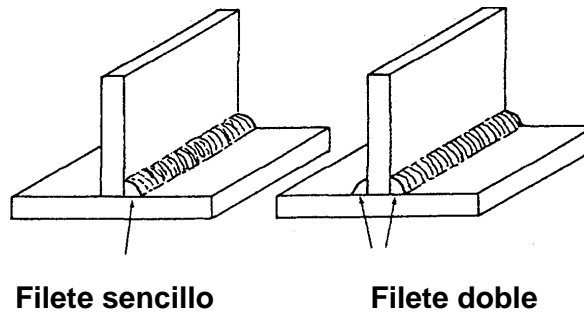


Figura 14. Soldadura de filete.

5. CONFIGURACIONES DE BISELES

Las ranuras mismas, dependiendo de su uso final (mantenimiento normal y reparación; uso en alta presión, con sellamiento hermético; y así sucesivamente) pueden prepararse por cualquiera de los métodos siguientes: corte a la llama, esmerilado, corte en sierra, fresado y cizallado.

La selección de las aberturas en la raíz y los ángulos de ranura está influida también en alto grado por los materiales a unir, la localización de la junta en el conjunto soldado y el desempeño requerido. Las juntas de ranura en J y en U pueden usarse para minimizar la cantidad de metal soldado que se requiere, cuando los ahorros son suficientes para justificar las operaciones de biselado, más difíciles y costosas. Estas juntas son particularmente útiles en la soldadura de piezas de gran espesor. Una desventaja de las juntas de ranura en J y de ranura biselada es la de que son difíciles de soldar para lograr juntas perfectas, debido al problema común de atrapamiento de escoria a lo largo de su lado recto.

El criterio más importante para la resistencia en una junta soldada de ranura es el grado de penetración de la junta. Como las juntas soldadas se diseñan generalmente en forma tal que tienen igual resistencia que la del metal de base, los diseños de junta soldada de ranura con costuras que se extienden completamente a través de los miembros que se están uniendo, son los que se usan más comúnmente. Uno de los principios del diseño es el de la selección de los tipos de junta que den por resultado el grado de penetración deseado en la junta.

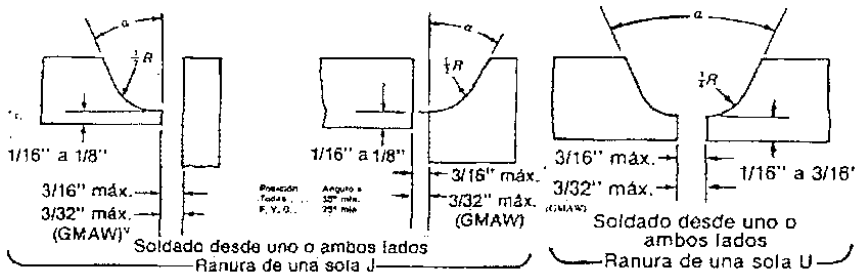
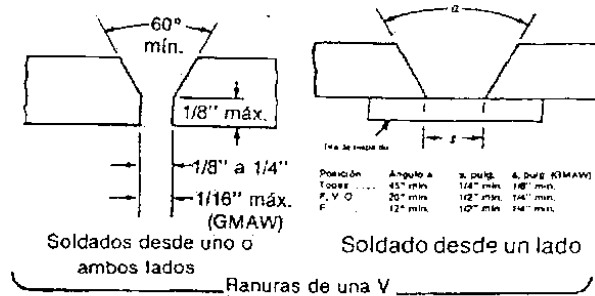
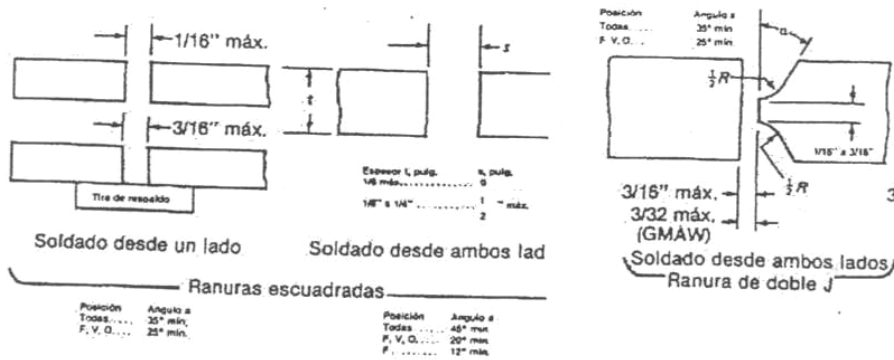
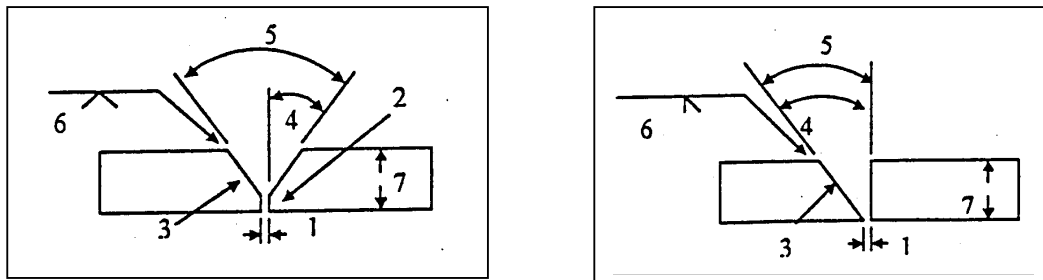


Figura 15. Configuración de biseles

6. PARTES DE LAS JUNTAS

Las partes o elementos de las juntas soldadas o a soldarse son relativamente numerosas, y a fin de poder interpretar y describir correctamente cualquier junta, es necesario identificar y ubicar cada una de sus partes. La figura 2.3 indica algunos de estos elementos en una junta aún sin soldarse.



1. Abertura de la raíz
2. Cara de la raíz
3. Cara de la ranura
4. Ángulo del bisel
5. Ángulo de la ranura
6. Tamaño de la soldadura de ranura indicado en el símbolo de soldar
7. Espesor de la placa

Figura 16. Partes de las juntas a tope

Así como una junta sin soldar tiene sus elementos, una junta soldada presenta elementos los cuales se describe en el gráfico siguiente:

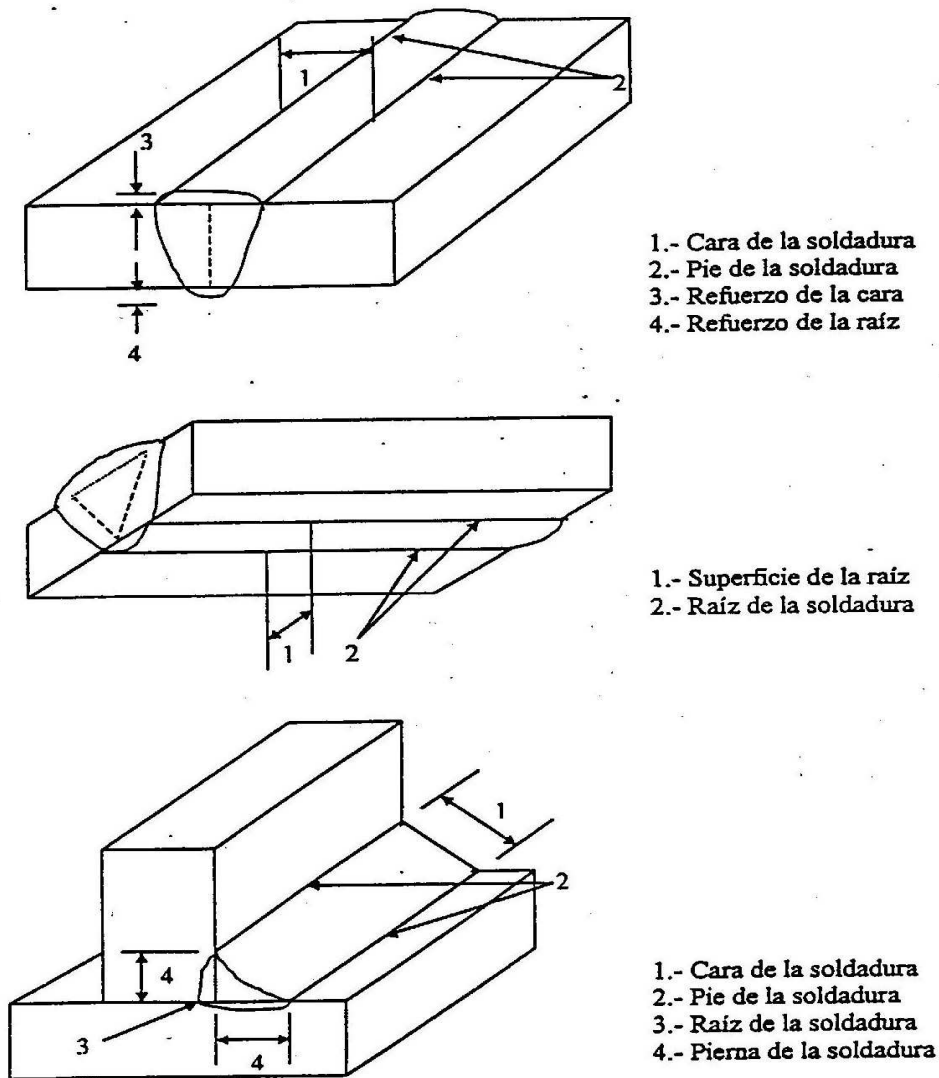


Figura 17. Partes de las juntas soldadas

7. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y PERSONAL DE SOLDADURA

Introducción

En términos generales, todos los trabajos de soldadura necesitan de uno o más procedimientos de soldadura que definan, con suficiente detalle, cómo deben realizarse las operaciones involucradas, y todas las normas sobre equipos, partes de equipos, tuberías y estructuras en cuya fabricación, construcción y montaje intervienen operaciones de soldadura, establecen requisitos relacionados con la preparación, calificación y certificación de los procedimientos de soldadura, así como de la calificación de la habilidad de los soldadores y operadores de equipo para soldar a emplearse en la realización de soldaduras de producción en los trabajos a realizar.

La exigencia de tales requisitos se debe a que existen muchos factores que influyen en las características de las uniones soldadas. Entre estos factores pueden mencionarse, entre muchos otros, los diferentes procesos de soldadura con que puede realizarse una junta, los diversos materiales base (aceros al carbono, aceros inoxidable, aleaciones de níquel, magnesio, titanio, etc.), las variaciones de espesor del metal base y los diferentes diseños de junta.

A fin de que las uniones producidas tengan, de manera consistente, las propiedades especificadas y la calidad requerida, es necesario controlar, de manera rigurosa, todas las variables que intervienen en la producción de las uniones soldadas, y tal control se logra mediante la preparación por escrito los procedimientos de soldadura necesarios, la calificación de los mismos y la calificación de la habilidad del personal que los empleará.

Es un hecho indiscutible que el éxito de los trabajos de soldadura depende, en gran medida, del cumplimiento total de las condiciones anteriores (disponibilidad de los procedimientos de soldadura calificados y apropiados para cubrir los requisitos de las aplicaciones previstas, así como del personal apto para aplicarlos), además de una inspección completa antes, durante y después de soldar, a fin de asegurar que los procedimientos establecidos son aplicados de manera correcta por el personal debidamente calificado.

ASME sección IX, API 1104 y AWS D1. 1, entre otras normas, establecen los requisitos de calificación y/o certificación para el personal que realiza los exámenes y pruebas o inspecciones por parte del fabricante o contratista y por segundas o terceras partes. Los requisitos de calificación para este tipo de personal generalmente están fijados en términos de entrenamiento y experiencia, aunque algunas veces se hace referencia a esquemas más completos de calificación y certificación, mismos que incluyen también requisitos de escolaridad, exámenes de pericia y de agudeza visual. Entre estos esquemas destaca el Programa de Certificación de Inspectores de Soldadura de la Sociedad Americana de Soldadura

7.1. FORMATOS UTILIZADOS EN SOLDADURA.

7.1.1. Especificación del Procedimiento de Soldadura.

WPS (Welding Procedure Specification).

Es un formato en que se detallan todas las variables indispensables y suficientes para realizar una soldadura.

Los datos registrados en un WPS deben permitir al soldador, ajustar todos los parámetros de soldadura sin dejar nada a libre interpretación.

7.1.2. Registro de la Calificación del Procedimiento.

PQR (Procedure Qualification Record).

Es un formato en el cual se detalla con claridad los datos reales utilizados para fabricar una probeta de soldadura así como los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en la misma probeta.

7.1.3. Calificación de la Ejecución del Soldador.

WPQ (Welding Performance Qualification).

Formato donde se especifican los resultados de las pruebas realizadas a la junta soldada, no para calificar un procedimiento sino para determinar la habilidad de una persona (soldador) para hacer soldaduras de buena calidad.

ASME sección IX, API 1104 y AWS D1. 1, entre otras normas, muestran formatos sugeridos así como por ejemplo en el caso de la AWS D1.1 se tiene:

COMPLEMENTOS

En la siguiente tabla se da una relación de las discontinuidades comúnmente encontradas en soldaduras depositadas con diferentes procesos.

Proceso de soldadura	TIPO DE DISCONTINUIDAD						
	Porosidad	Escoria	Fusión incompleta	Penetración incompleta	Socavado	Traslape	Grieta
SAW-Soldadura por arco sumergido	X	X	X	X	X	X	X
GTAW-Soldadura por arco de tungsteno protegido por gas	X		X	X			X
GMAW-Soldadura	X	X	X	X	X	X	X

por arco metálico protegido con gas							
FCAW-Soldadura de arco con electrodo tubular	X	X	X	X	X	X	X
SMAW-Soldadura por arco con electrodo protegido	X	X	X	X	X	X	X

Discontinuidades comúnmente encontradas en las soldaduras depositadas con diferentes procesos (traducción de la tabla 2 de la norma ANSI/AWS B1.10-86R)

Comparación de los criterios de aceptación de algunas normas para las discontinuidades más comunes

A fin de ofrecer una visión de conjunto de los criterios de aceptación que algunas normas establecen para las discontinuidades más comunes que pueden detectarse por medio de inspección visual (o en combinación con otros métodos no destructivos), en la tabla siguiente se incluye un “cuadro comparativo” de los respectivos criterios de aceptación.

DISCONTINUIDAD	AWS D1.1 (Estructuras de acero)	ASME BPV, Sec. VIII, División I Recipientes a Presión	API 1104 Líneas de tubería para gas y petróleo
Grietas	No aceptable	No aceptable	5/32" (4 mm) para grietas en el cráter (detectadas con otro método no destructivo)
Fusión incompleta	No aceptable	No aceptable	1" de longitud (detectadas con ayuda de otro método no destructivo)
Convexidad en soldadura de filete ("para" se refiere al ancho de la cara de soldadura)	1/16" para 5/16" 1/8" para > 5/16" < 1" 3/16" para > 1"	No establecido	No establecido
Altura del refuerzo de soldadura de ranura Máximo permitido	1/8" (3.2 mm)	De 1/32" (0.8 mm) a 5/16" (8 mm) dependiendo del tipo	De 1/32" (0.8 mm) a 1/16" (1.6 mm)

		de junta (véase UW-35)	
Socavado Máxima profundidad y longitud permitidas	1/32" (0.8 mm) para espesores <1" (se permite 1/16" (1.6 mm) máximo para una longitud acumulada de 2" en 12" de soldadura); 1/16" para espesores iguales o mayores a 1", todo esto en conexiones no tubulares estáticamente cargadas. 0.010" (0.25 mm) en miembros primarios cuando la soldadura es transversal a los esfuerzos de tensión, para todas las condiciones de carga en conexiones tubulares y no tubulares; 1/32" para todos los otros casos.	En términos generales, 1/32" (0.8 mm) o 10% (lo que resulte menor) del espesor nominal de las superficies adyacentes de la soldadura.	1/32" (0.8 mm) o 12.5% del espesor de pared. 1/64" (0.4 mm) o de 6.5 a 12.5 % del espesor de pared, de un máximo 2" en una longitud de soldadura de 12" continuas. Aceptable si tiene una profundidad de 1/64" o menos, o 6.5% o menos del espesor de la pared
Porosidad	Alguna porosidad visible es permitida (véase tabla 6.1)	No establecido para porosidad visible	Alguna porosidad visible (con ayuda de líquidos y partículas) permitida. Véase 6.3, 8.2 y 6.3, 8.3
Falta de alineación	Máximo el 10% del espesor de la parte más delgada de la junta, pero en ningún caso mayor a 1/8" (3.2 mm)	De ¼ del espesor de pared a ¾", dependiendo de la categoría y del espesor de la junta (véase Tabla UW-33)	1/16" (1.6 mm)
Penetración incompleta en la junta	No aceptada en juntas de penetración completa	No aceptable	1" de longitud (detectada con ayuda de radiografía)

Comparación de los criterios de aceptación de algunas normas para algunas discontinuidades

Esta tabla tiene un carácter didáctico, cuyo propósito es mostrar las diferencias de los criterios de aceptación de algunos de los documentos más empleados en la inspección de soldadura. Durante la realización de sus actividades, el inspector debe remitirse a las normas aplicables para juzgar la aceptación de las soldaduras que esté examinando.

La tabla anterior puede resultar útil para clarificar algunos aspectos que pueden provocar confusión o incertidumbre que suelen tener asignaciones de inspección bajo diferentes normas. Entre estos aspectos se puede mencionar el hecho de que entre un documento y otro, los criterios de aceptación para una misma discontinuidad sean diferentes, o que discontinuidades en apariencia "inofensivas", sean toleradas por unas normas y por otras no.

PROCESOS DE SOLDADURA

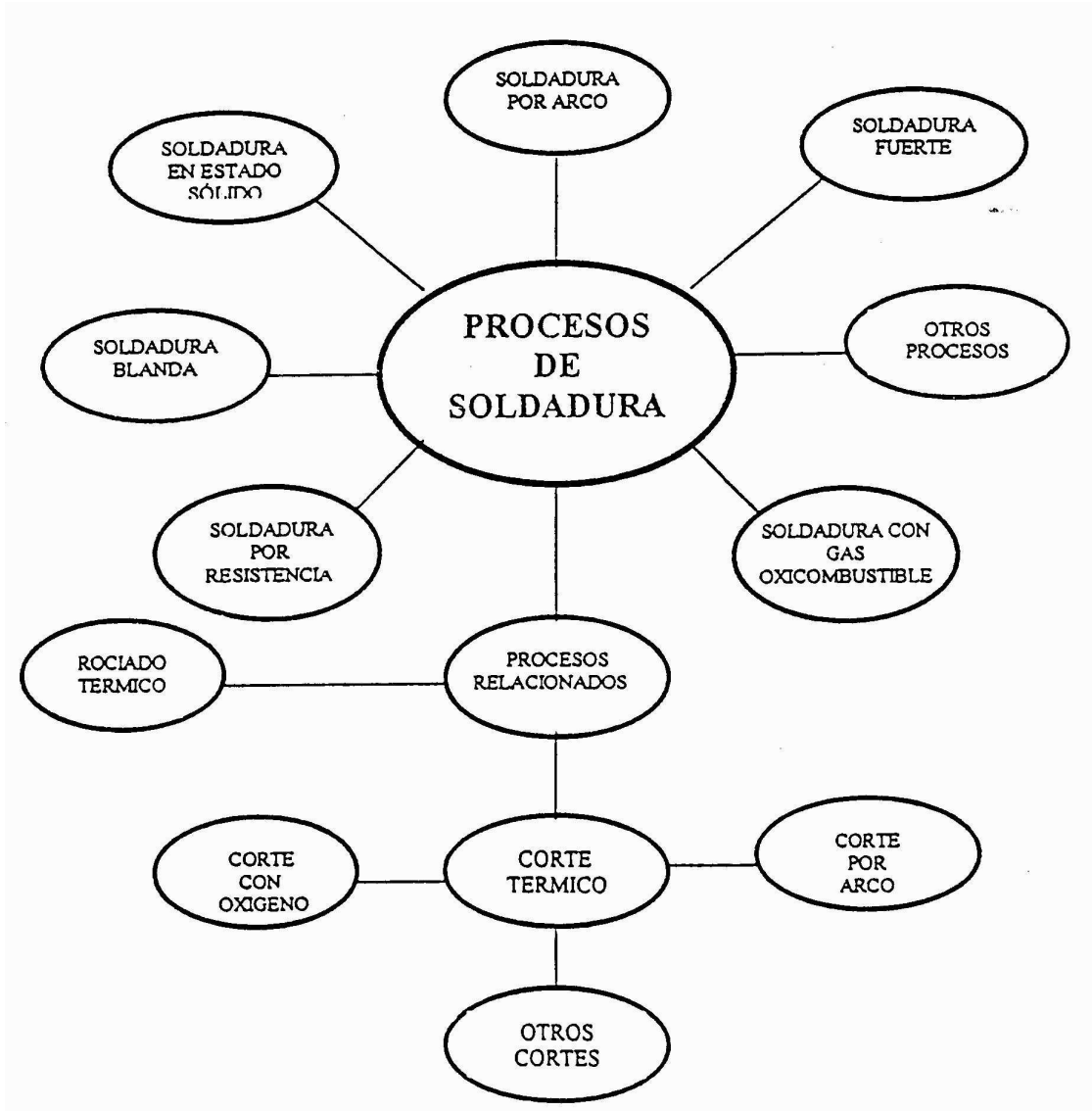
Existe una gran variedad de procesos de soldadura, varios métodos y técnicas de aplicación y una extensa cantidad y variedad, en constante aumento, de metales base y de aporte, por lo que una revisión de tales procesos necesariamente resulta incompleta. Adicionalmente, debido a que cada proceso involucra aspectos técnicos, de producción, metalúrgicos, económicos y de otra índole, las consideraciones de este capítulo se limitan a los procesos más usuales, mismos que son abordados desde los puntos de vista más estrechamente relacionados con la inspección de soldadura: una descripción breve del proceso y del equipo que se emplea, sus principales aplicaciones, ventajas y limitaciones, las variables particulares más relevantes y, en especial, las especificaciones y clasificaciones de los electrodos y metales de aporte.

Debido a que en el idioma Español el término *soldadura* se aplica de manera indistinta para referirse a diferentes grupos de procesos de unión y a diversos objetos y significados (unión soldada,. electrodo recubierto, metal depositado, metal de aporte y operaciones de soldadura, entre otros), es conveniente, antes de seguir tratando sobre los procesos de soldadura, hacer algunas precisiones sobre el significado de este término, para lo que se recurrirá a las siguientes definiciones estandarizadas:

Soldadura (welding): Es la coalescencia localizada de metales o no metales, producida por el calentamiento de los materiales a una temperatura apropiada, con o sin aplicación de presión y con o sin el empleo de material de aporte.

Soldadura fuerte (brazing): Grupo de procesos de soldadura,. los cuales producen a coalescencia de los materiales por el calentamiento de éstos, a la temperatura adecuada,. y empleando un metal de aporte que tiene una temperatura de liquidus superior a los 450° C (840° F), pero inferior a la temperatura de solidus del metal base. El metal de aporte se distribuye por acción capilar entre las superficies de la junta mantenidas en contacto estrecho.

Soldadura blanda (soldering): Grupo de procesos de soldadura que producen coalescencia de materiales, calentándolos a una temperatura adecuada y usando material de aporte que tenga una línea de liquidus que no exceda de 450° C (840° F) y debajo de la línea de solidus del metal base. El metal de aporte se distribuye por acción capilar entre las superficies de la junta mantenidas en contacto estrecho.



Carta maestra de los Procesos de Soldadura (de acuerdo con la Norma ANSI/AWS A3.0-94, "Términos y Definiciones Estándar de Soldadura")

SOLDADURA POR ARCO (ARC WELDING – AW)

Soldadura con hidrógeno atómico.....	AHW
Soldadura de arco con electrodo desnudo.....	BMAW
Soldadura de arco con electrodo de carbón.....	CAW
Soldadura de arco con electrodo de carbón y gas.....	CAW-G
Soldadura por arco con electrodo de carbón protegido.....	CAW-S
Soldadura por arco con electrodos gemelos de carbón.....	CAW-T
Soldadura por electro-gas.....	EGW

Soldadura por arco con electrodo tubular.....	FCAW
Soldadura por arco metálico protegido con gas.....	GMAW
Soldadura por arco metálico pulsado protegido con gas.....	GMAW-P
Soldadura de arco metálico en corto circuito protegido con gas.....	GMAW-S
Soldadura por arco de tungsteno protegido con gas.....	GTAW
Soldadura por arco pulsado de tungsteno protegido con gas.....	GTAW-P
Soldadura por arco de plasma.....	PAW
Soldadura por arco metálico protegido con electrodo recubierto.....	SMAW
Soldadura de pernos por arco eléctrico.....	SW
Soldadura por arco sumergido.....	SAW
Soldadura por arco sumergido en serie.....	SAW-S