



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISION DE INGENIERIA MECÁNICA E INDUSTRIAL

Propuesta de Prácticas de Soldadura SMAW con base en el
desarrollo de la WPS para Laboratorios de Mecánica.

ACTIVIDAD DE APOYO A LA DOCENCIA.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

JOSÉ RODRIGO NAVARRETE POSADAS.

DIRECTOR DE PROYECTO:

M.I ARMANDO SANCHEZ GUZMAN

2016



INDICE.

Prologo	1
Introducción	3
Objetivos	4
Practica 1 de 5.	
1. Marco Teórico. Parte 1: Soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.....	6
1.1. Ventajas y principales aplicaciones.....	7
1.2. Tipos de corriente, polaridad y su influencia.....	7
1.3. Los Electroodos Revestidos.....	9
1.4. Nomenclatura de los electrodos revestidos para aceros al carbono.....	12
1.5. Parámetros de Soldadura.....	13
Práctica. Parte 1: Aspectos esenciales en la aplicación de la soldadura, mediante el proceso SMAW	15
Práctica: Encendido y Control del arco en posición plana.....	15
2. Marco Teórico. Parte 2	23
2.1. Nomenclatura de la soldadura de filete.....	23
2.2. Posiciones de soldadura de filete.....	23
Práctica. Parte 2: Aplicación de soldadura en posición 2F, mediante el proceso SMAW.....	24
Práctica: Soldadura de filete en posición 2F con múltiples pasadas.....	24
3. Marco Teórico. Parte 3	27
3.1. Discontinuidades y defectos en los procesos de soldadura.....	27
3.2. Inspección de uniones soldadas.....	27
3.3. Ensayos no destructivos.....	28
Práctica. Parte 3: Ensayos de fractura, inspección visual y macro ataque del elemento soldado....	30
Práctica: Ensayo de fractura, inspección visual y ensayo de macro ataque en una soldadura de filete en posición 2F.....	30

Practica 2 de 5.

4. Marco teórico. Parte 1: Código ASME sección ix: calificación de procedimientos de soldadura	35
4.1. Artículo I — Requerimientos Generales de Soldadura QW-100.....	38
4.2. Artículo II — Calificación de procedimientos de soldadura QW-200: formatos WPS y PQR.....	41
4.2.1. Formatos de especificación de procedimientos de soldadura (WPS).....	42
4.2.1.1. Mecánica del desarrollo del procedimiento de soldadura.....	43
4.2.2. Formato de Registro de Calificación de Procedimientos (PQR).....	49
4.3. Artículo III — Calificación de desempeño o habilidad de soldadura QW-300.....	50

Práctica. Parte 1: Elaboración de una WPS para la calificación de soldadores con base en el código ASME sección IX. En la posición 1G.....	54
---	-----------

Práctica 3 de 5.

Práctica. Parte 1: Corte de placa de acero A36 mediante el proceso OFC.....	64
--	-----------

Práctica 4 de 5.

Práctica. Parte 1: Armado de la probeta de soldadura mediante el código ASME sección IX.....	68
---	-----------

Práctica 5 de 5.

Práctica. Parte 1: Aplicación de soldadura en posición 1G, mediante el proceso SMAW.....	73
---	-----------

Práctica. Parte 2: Ensayos de Doblez Guiado, Inspección Visual.....	77
--	-----------

Conclusiones y Comentarios	83
---	-----------

Bibliografía	84
---------------------------	-----------

PROLOGO

Actualmente la soldadura representa uno de los recursos tecnológicos más importantes que participa en la actividad industrial de un país, no existe instalación que no la utilice como medio de unión y construcción, ya sea de elementos contenedores de materiales de todo tipo, en la construcción de estructuras de soporte, en la producción de elementos de uso hogareño o comercial, de transporte, entre otros sectores.

La soldadura es desarrollada tanto por las industrias que hacen de ella su actividad primaria; así como por aquellas pequeñas y medianas empresas que recurren a dichos procesos para la fabricación de sus productos. Una mejora proporcional de la productividad de los procesos de soldadura tiene un fuerte impacto en la generación final del producto industrial.

Se tiene estimado que el proceso de soldadura interviene de una manera u otra en toda la etapa de la manufactura industrial en una proporción que en los países de mayor desarrollo económico ronda el cincuenta por ciento de su producto bruto nacional (**Bernardo D. Kurchart - La importancia de las tecnologías de la Soldadura, The American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2001.**)

Por medio de los procesos de soldadura es posible unir todo tipo de metales de uso comercial. Existen distintas maneras de hacer una soldadura y distintos tipos de soldadura.

La **American Welding Society (AWS)** define una soldadura como una coalescencia localizada (la fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando) en metales o no metales producida mediante el calentamiento de los materiales a las temperaturas de soldaduras requeridas, con o sin la aplicación de presión, o mediante solo la aplicación de presión y con o sin la aplicación de un material de aporte.

En los últimos años los procesos de soldadura han crecido, por lo cual se ha convertido en un proceso tecnológico complejo que requiere un amplio conocimiento para poder determinar la manera eficiente de realizar una soldadura satisfactoria y de calidad.

Es responsabilidad de las empresas, que hacen uso de las tecnologías de la soldadura, comprobar que la calidad de sus elementos soldados o productos cumplan con los requerimientos ya sea del cliente o conforme lo establecido en códigos y especificaciones de soldadura, un primer paso para asegurar lo anteriormente mencionado junto con la habilidad de sus soldadores es elaborando procedimientos de soldadura que permitan garantizar la soldabilidad del metal de soldadura depositado con el metal base utilizado y calificando a sus soldadores acorde con el procedimiento de

soldadura calificado, la evaluación de los soldadores es muy importante para la empresa, dado que permite garantizar el desarrollo de uniones soldadas de alta calidad y además da garantía y confiabilidad de sus elementos soldados al cliente.

Los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura son recomendados para su aplicación en la industria metalmecánica afines con la tecnología de soldadura dado que garantizan confiabilidad y aseguramiento en un producto terminado con óptima calidad debido a sus exigencias tecnológicas y son la documentación básica que rige y guía la práctica de la soldadura.

En el Boletín Técnico de Soldadura de la Sociedad Mexicana de Soldadura, año 2 V 05-06 mayo junio, aparece un artículo titulado: ***"La Soldadura, una especialidad olvidada y su problemática"*** en el cual se exponen una serie de situaciones, las cuales aunadas a la poca profundidad del estudio de la soldadura y prejuicios de los jóvenes e instituciones, es vista como un oficio sucio, mal remunerado, con poco o nulo desarrollo y no recomendable para un profesionista, siendo catalogado una especialidad única para el área técnica olvidando que es la Ingeniería el núcleo y el pilar principal de esta especialidad.

Así pues, la presente tesis, dirigida a los alumnos de las carreras de la DIMEI FI-UNAM, proporciona algunas prácticas en soldadura industrial basadas en la calificación de habilidades para personal de soldadura y en la elaboración de los WPS (Procedimientos de soldadura) con base en el código ASME Secc. IX.

La finalidad de las prácticas, más allá de enlistar una secuencia de pasos para que el alumno pueda adquirir cierta "habilidad" durante la aplicación de la soldadura, en cuyo caso lo anterior no debería ser de interés primordial puesto que nunca será la función del futuro ingeniero desempeñarse como soldador industrial, además de que dicho objetivo no puede ser logrado en dos o cuatro horas que es lo que actualmente se le dedica a esta área en las respectivas materias que la abordan; pero bien vale considerar que a través de las prácticas y mediante la elaboración de los WPS el alumno pueda visualizar e introducirse en la especialidad de la soldadura industrial y con ello también conozca las responsabilidades de un ingeniero que se dedique a esta especialidad, ya sea que busque desempeñarse en la supervisión, inspección o en la investigación de mejoras de las tecnologías de la soldadura.

INTRODUCCION

La tesis se compone de cinco prácticas afines a la soldadura industrial para el proceso SMAW (Shielded Metal Arc Welding) o Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido; se selecciona el proceso SMAW debido a que es el proceso mayormente utilizado en la Facultad de Ingeniería DIMEI y es el proceso que se aborda en las prácticas de laboratorio respectivas a las carreras de Ingeniería Industrial y Mecatrónica.

La **Práctica 1** está compuesta de un marco teórico, cuya finalidad es abordar los aspectos teóricos básicos de la soldadura SMAW, señalando las ventajas y desventajas del proceso, los tipos de polaridades y su influencia dentro del soldeo y las funciones del revestimiento del electrodo desde un punto de vista ingenieril, también se abordan desde un punto de vista básico, lo relacionado con los aspectos de calidad en soldadura y algunos ensayos destructivos afines que pueden ser realizados dentro del laboratorio respectivo. Así mismo la **Práctica 1** cuenta con tres partes, que son prácticas que pueden ser desarrolladas en el laboratorio de soldadura y cuya finalidad es que el alumnado pueda visualizar y comprender desde el encendido del arco eléctrico hasta la influencia de los parámetros de soldeo en la calidad de la soldadura.

La **Práctica 2** en su marco teórico abarca una introducción al código ASME Sección IX, que está enfocado a la calificación de procedimientos y habilidades en los procesos de soldadura, así pues se describen los elementos importantes del código y como interpretarlos, así mismo se hace mención del cómo elaborar una WPS (Procedimiento de Soldadura) y enfocarlo a la calificación de soldadores y la calificación de procedimientos. Esta práctica, desde mi punto de vista, es bastante crucial y debe ser el eje principal al cual deberían estar enfocadas las prácticas de soldadura que actualmente se desarrollan en la Facultad. La importancia de elaborar una WPS y enfocar las prácticas de soldadura a ello radica en que a través de la WPS el alumnado puede visualizar tanto el alcance de la soldadura industrial así como su importancia dentro de su formación como ingeniero, recordando que en la actualidad parte importante de los elementos enfocados al área metalmecánica son unidos mediante los procesos de soldadura.

Las **Prácticas 3, 4 y 5** son una extensión de la **Práctica 2** y cuya finalidad es mostrar al alumnado todo el desarrollo aplicable para la calificación de soldadores mediante el armado de una probeta de soldadura, su proceso y metodología de soldeo y su evaluación y ensayos correspondientes para su calificación, todo mediante y con base en la WPS ya formada en la **Práctica 2** que se sustenta con el **Código AMSE Sección IX**.

OBJETIVOS

- A través de esta tesis, obtener un material de consulta, que permita al alumnado de la **Facultad de Ingeniería** en las carreras correspondientes a la **DIMEI**, conocer los aspectos básicos teórico-prácticos relacionados con la soldadura SMAW.
- Apoyar a las actividades académicas dentro de la **Facultad**, en las asignaturas inherentes a esta especialidad, mediante la consulta de esta tesis.
- Realizar prácticas de soldadura para el proceso SMAW con el fin de recabar información que permita al alumnado una mejor comprensión del proceso afín.
- Mediante esta tesis mostrar algunas de las áreas de aplicación de la soldadura industrial como es la inspección y calificación de soldadores y elementos soldados que pueden ser abordados dentro de las asignaturas correspondientes para laboratorios afines.

PRACTICAS DE SOLDADURA

Prácticas de Soldadura: Soldadura Industrial; Teoría y Aplicación.

Práctica 1 de 5.

1. Aspectos esenciales en la aplicación de la soldadura mediante el proceso SMAW.
2. Aplicación de soldadura en posición 2F, mediante el proceso SMAW.
3. Ensayos de fractura, inspección visual y macro ataque del elemento soldado.

Práctica 2 de 5.

1. Elaboración de una WPS para la calificación de soldadores con base en el código ASME secc IX. En la posición 1G.

Práctica 3 de 5.

1. Corte de placa de acero A36 mediante el proceso OFC.

Práctica 4 de 5.

1. Armado de la probeta de soldadura mediante el código ASME secc IX.

Práctica de 5 de 5.

1. Aplicación de soldadura en posición 1G, mediante el proceso SMAW.
2. Ensayos de doblado guiado, inspección visual.

1. MARCO TEORICO PRACTICA 1 DE 5: PARTE 1.

SOLDADURA SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING). SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO.

El proceso de soldadura SMAW o proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido, consiste en el establecimiento de un arco eléctrico entre la pieza y el extremo de un electrodo revestido de materias orgánicas e inorgánicas aglutinadas con silicatos alcalinos, que cumplen funciones específicas para mejorar el arco y las propiedades del metal de soldadura.

El equipo de soldadura **FIGURA 1.1** consiste en la fuente de poder, la pinza porta electrodo, la conexión de tierra y los cables. La fuente de poder debe presentar la característica de intensidad constante, para que la corriente de soldadura se vea poco afectada por las variaciones de la longitud del arco.

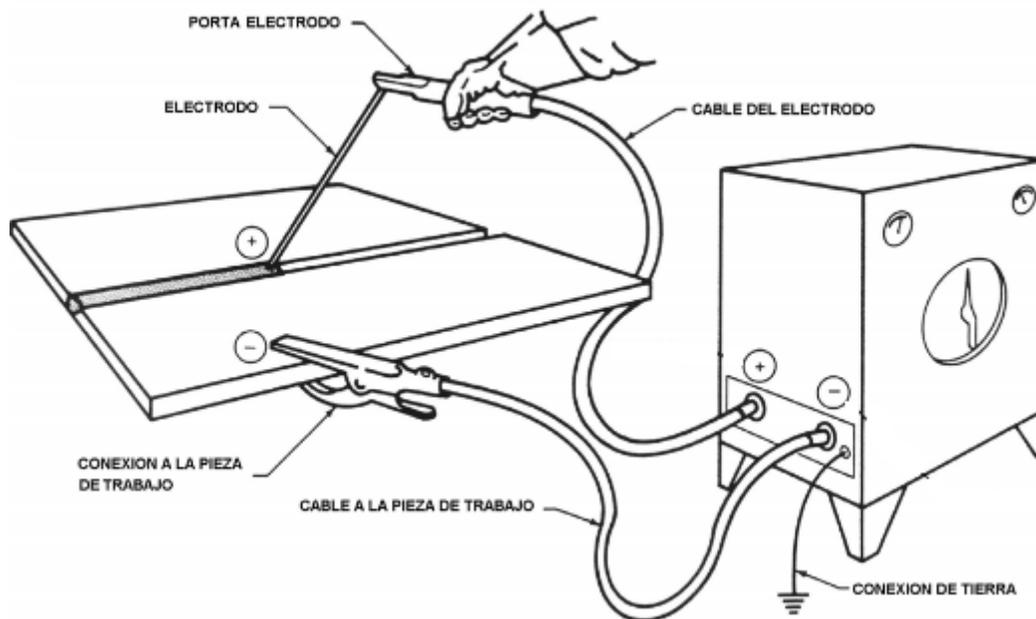


FIGURA 1.1. EQUIPO DE SOLDADURA SMAW.

Fuente: ANSI/AWS A3.0:2001. Norma de Términos y Definiciones de Soldadura.

Para la soldadura en corriente continua, se utilizarán transformadores - rectificadores o generadores, para la soldadura en corriente alterna se utilizan transformadores.

Para la selección adecuada de la fuente de poder se deberá tener en cuenta al electrodo que se va a emplear, de forma que pueda suministrar el tipo de corriente (C.C. o C.A.), rango de intensidades y tensión de vacío que se requiera.

Los electrodos básicos necesitan mayores tensiones de vacío en comparación con los electrodos de tipo rutilo y celulósicos.

1.1. Ventajas y principales aplicaciones.

Ventajas:

- El equipo de soldadura es relativamente sencillo, versátil, de bajo costo y portable.
- El metal de aporte y la protección durante el soldeo provienen del propio electrodo revestido, sin necesidad de gases adicionales o fundentes.
- Es menos sensible al viento y a las corrientes de aire que los procesos con protección gaseosa.
- Se puede operar en cualquier posición, en espacios abiertos o confinados.
- Es aplicable a la mayoría de los metales y aleaciones.
- Es aplicable para una gran variedad de espesores.

Limitaciones:

- Es un proceso lento, por la baja tasa de deposición y por la necesidad de retirar la escoria.
- Requiere gran habilidad de parte del soldador.
- No es aplicable a metales de bajo punto de fusión ni a metales de alta sensibilidad a la oxidación.
- No es aplicable a espesores menores a 1,5 – 2 mm.
- Aplicaciones mayoritariamente utilizadas en soldaduras de producción cortas, trabajos de mantenimiento, y reparación, en construcciones de campo.

1.2. Tipos de corriente, polaridad y su influencia.

Se puede emplear corriente continua o corriente alterna para establecer un arco eléctrico entre un electrodo y la pieza a soldar. Si se utiliza corriente continua se puede diferenciar entre conectar el electrodo al terminal negativo y la pieza al positivo o bien conectar el electrodo al

terminal positivo y la pieza al negativo, de esta forma aparece el concepto de polaridad, que sólo existe en el caso de corriente continua.

Si se conecta el electrodo en el terminal negativo y la pieza a soldar en el positivo, se dirá que se está soldando con polaridad directa **FIGURA 1.2** también se puede decir que se suelda con corriente continua electrodo negativo, de forma abreviada CCEN, también se puede encontrar en alguna máquina de soldeo SP (Straight Polarity, polaridad directa en inglés).

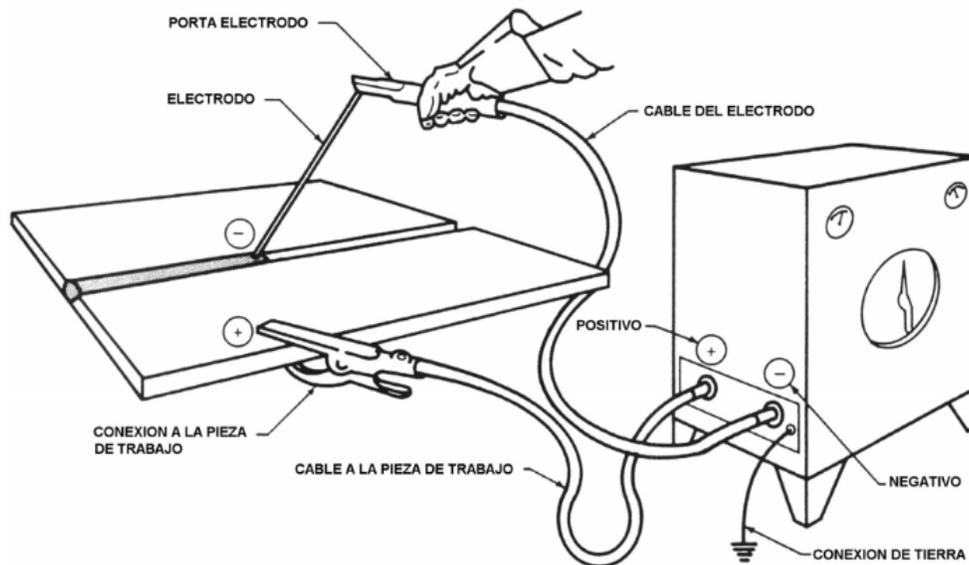


FIGURA 1.2. POLARIDAD DIRECTA, CCEN, SP.

Fuente: ANSI/AWS A3.0:2001. Norma de Términos y Definiciones de Soldadura.

Si se conecta el electrodo en el negativo (CCEN) y las piezas a soldar en el positivo, serán las piezas las que se calientan más intensamente. Las características de la polaridad directa (CCEN) son:

- En general se obtienen cordones estrechos con gran penetración.
- El electrodo soportará intensidades del orden de ocho veces mayores que si estuviese conectado al polo positivo, ya que se calienta menos.
- No se produce el efecto de decapado sobre las piezas, por lo que si se quisiera soldar aleaciones con capas refractarias deberían decaparse químicamente antes del soldeo.

Si se conecta el electrodo en el terminal positivo y la pieza a soldar en el negativo, se dirá que se está soldando con polaridad inversa **FIGURA 1.3** también se puede decir que se suelda con

corriente continua electrodo positivo, de forma abreviada CCEP, también se puede encontrar en alguna máquina de soldeo RP (Reverse Polarity, polaridad inversa en inglés).

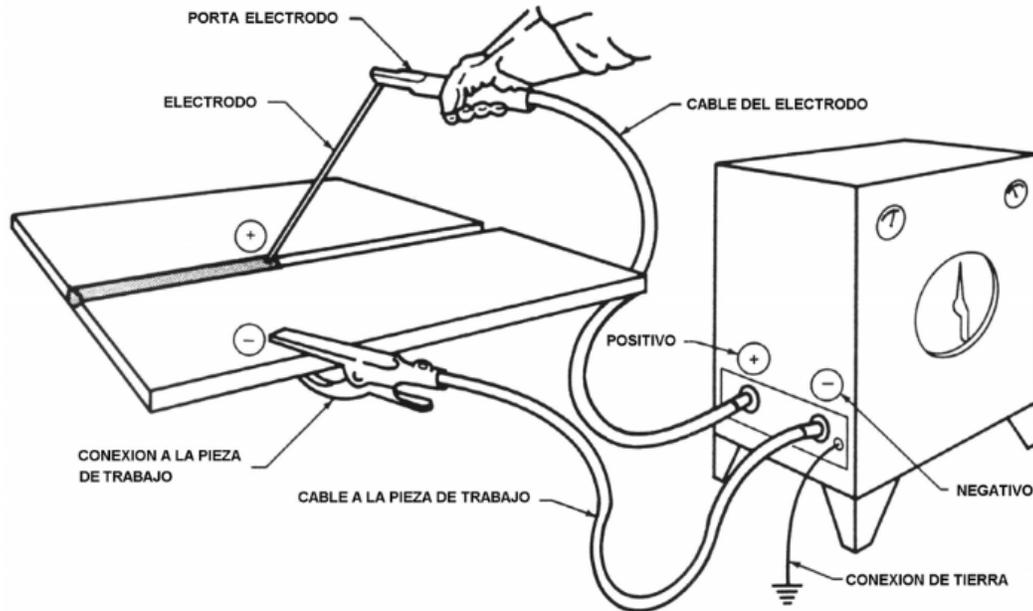


FIGURA 1.3. POLARIDAD INVERSA, CCEP, RP.

Fuente: ANSI/AWS A3.0:2001. Norma de Términos y Definiciones de Soldadura.

En resumen las características de la polaridad inversa (CCEP) son:

- En general se obtiene una soldadura relativamente ancha, con poca penetración.
- Excesiva acumulación de calor en el electrodo, que puede provocar su sobrecalentamiento y rápido deterioro incluso a bajas intensidades de corriente.
- Se produce el efecto de decapado o limpieza de óxidos, facilitándose el soldeo de algunas aleaciones como las de aluminio y magnesio.

1.3. Los Electrodo Revestidos.

El revestimiento de los electrodos, compuesto por una mezcla de materias primas en polvo, aglutinadas con silicatos alcalinos, tienen las siguientes funciones:

- Promover el encendido del arco.
- Facilitar la conducción eléctrica del arco y su estabilidad.
- Proveer de una atmósfera gaseosa para proteger el arco y el charco de soldadura del oxígeno y del nitrógeno del aire.

- Aportar los elementos que equilibran los procesos fisicoquímicos del arco.
- Constituir una aislación eléctrica del alambre de tal manera de poder dirigir el arco.
- Proveer escoria para complementar la protección del metal de soldadura, refinarlo y contribuir a su control durante la soldadura.
- Mejorar las condiciones de viscosidad y tensión superficial del metal en estado líquido a manera de asegurar una buena transferencia del metal de aporte y su mezcla con el metal base.
- Aumentar la velocidad de fusión.
- Actuar como medio de transferencia de aleantes, desoxidantes, y polvo de hierro.

Funciones del revestimiento.

Además de las funciones antes mencionadas, el revestimiento de los electrodos juega un papel importante dentro del fenómeno de la soldadura eléctrica y que puede ser clasificado en tres roles: metalúrgico, eléctrico y físico-mecánico.

A. Función metalúrgica del revestimiento.

El electrodo se utiliza para realizar el soldeo de metales base; por lo tanto debe obtenerse el metal fundido que responda a características bien determinadas. El revestimiento colabora a obtener este resultado metalúrgico protegiendo el baño de fusión contra la acción exterior y aportando los elementos necesarios para compensar las pérdidas por oxidación y para mejorar las propiedades del metal fundido.

1. Protección gaseosa.

Hay materiales en los revestimientos que por combustión y/o descomposición en el arco eléctrico proveen de una atmósfera gaseosa protectora que no permite el contacto de los elementos del aire con el metal fundido. En los electrodos celulósicos es la celulosa que al descomponerse libera gas.

2. Protección mecánica.

Se produce debido a que la velocidad inicial de fusión del revestimiento es menor que la del núcleo, provocándose un entubado de este dentro del revestimiento, el que actúa como protector mecánico de la gota en estado líquido.

3. Protección por la escoria.

En las operaciones metalúrgicas el papel fundamental de las escorias es absorber ciertas impurezas del metal. En soldadura esta función se ve equilibrada con la de proteger el metal mientras está en estado líquido y luego actuar como aislante demorando el enfriamiento del mismo, además de proveer elementos de aleación. La composición química de la escoria determina el grado de acidez o basicidad de la misma.

4. Aporte de elementos de aleación.

A pesar del corto tiempo de contacto entre el metal depositado en estado líquido y la escoria, el aporte de elementos de aleación por medio del revestimiento, no es despreciable.

El revestimiento tiene una gran influencia sobre la composición química del metal depositado.

B- Función eléctrica del revestimiento.

El encendido y la estabilidad del arco de soldadura dependen de la ionización de su atmósfera y esa ionización puede estar favorecida por la introducción en el revestimiento de sustancias de bajos potenciales de ionización. La composición del revestimiento determina, por su acción eléctrica, la naturaleza de la corriente apta para el soldeo (C.C. o C.A.) y la polaridad en corriente continua.

C- Función física y mecánica.

El revestimiento influye sobre la facilidad en la operación de soldadura. Mediante la composición del revestimiento se puede:

1. Influir sobre la forma del depósito del electrodo.

Los electrodos desnudos forman un depósito excesivo de metal de aporte. El revestimiento reduce lo anterior y el tipo de revestimiento influye sobre las dimensiones del cordón.

En la soldadura en filete pueden obtenerse cordones cóncavos o convexos, y esto es función del revestimiento que actúa variando la tensión superficial del metal en estado líquido.

2. Influir sobre la penetración.

La formación del cráter de soldadura está íntimamente ligada a la temperatura de fusión del revestimiento. Los electrodos de gran penetración poseen un revestimiento capaz de generar flujo gaseoso intenso y una fusión más lenta que el alambre.

Al producirse el entubamiento en la punta del electrodo, el flujo gaseoso se concentra como en una tobera y se dirige concentrado al metal base. De esta manera, la mayor concentración de calor produce una mejor penetración.

3. Hacer posible la soldadura en toda posición.

Cada posición de soldadura exige un tipo de revestimiento especial, que provoque un modo de transferencia del metal fundido que lo haga apto para la soldadura en esa posición.

Los electrodos a base de celulosa son, por lo general, fáciles de operar en las cuatro posiciones básicas, mientras que los básicos y rutilicos son de difícil operatividad en posición vertical y sobrecabeza.

4. Evitar un arco errático.

La función del revestimiento es de hacer de guía mecánica para el arco eléctrico.

5. Ayudar a la transferencia de calor al metal base.

El gas formado por la descomposición de materia prima del revestimiento contribuye a la transferencia de calor al metal base. En el arco, los gases como H₂, O₂, N₂, entre otros se disocian al estado atómico, absorbiendo una gran cantidad de energía. Estos átomos ionizados se recombinan en la superficie metálica, en gran parte, al estado molecular, cediendo al metal su calor de disociación. De esta manera, facilitan el calentamiento del metal. La escoria formada sobre el depósito de soldadura lo protege contra la atmósfera cuando aún está líquido y retarda el enfriamiento cuando ya solidificó, de manera que permite la formación de una estructura cristalina favorable.

1.4. Nomenclatura de los electrodos revestidos para aceros al carbono.

E X X X X E 7 0 1 8

E – El prefijo E designa que es un electrodo.

7 0 – Los primeros dos o tres dígitos indican la resistencia mínima a la tracción que ofrece el electrodo.

1 – El tercer dígito indica en que posiciones puede soldarse con el electrodo.

1 – Plana, vertical y sobrecabeza.

2 – Plana y horizontal.

4 – Plana, horizontal, sobrecabeza y vertical descendente.

8 – El último dígito indica el tipo de corriente a utilizar, penetración y el tipo de revestimiento.

CLASIFICACION	TIPO DE CORRIENTE	PENETRACION	REVESTIMIENTO
0	CCEP	ALTA	Celulosa, Sodio
1	CCEP, CA	ALTA	Celulosa, Potasio
2	CCEN, CA	MEDIA	Rutilo, Sodio
3	CCEP, CCEN, CA	BAJA	Rutilo, Potasio
4	CCEP, CCEN, CA	BAJA	Rutilo, polvo de hierro
5	CCEP	MEDIA	Bajo hidrogeno, sodio
6	CCEP,CA	MEDIA	Bajo hidrogeno, potasio
7	CCEN, CA	MEDIA	Polvo de hierro, Óxido de Hierro
8	CCEP, CA	MEDIA	Bajo hidrogeno, Polvo de hierro

1.5. Parámetros de Soldadura.

1. El diámetro del electrodo:

Los parámetros de los que depende la selección del diámetro del electrodo son la posición, el espesor del material y el tipo de unión. En general, se deberá seleccionar el mayor diámetro posible que asegure los requisitos de aporte térmico y que permita su fácil utilización. El aporte térmico depende de la intensidad de corriente, la tensión del arco y la velocidad de desplazamiento.

2. Corriente de soldadura (Amperaje):

El rango de intensidades con que opera un electrodo es dependiente de su diámetro. La intensidad de soldadura depende de la posición de soldadura, de los espesores de los materiales a soldar, de la penetración deseada, de las características del recubrimiento y de los posibles defectos que se desean evitar.

3. Longitud del Arco:

La longitud del arco regula la tensión del mismo. Al alterar la longitud, variamos el ancho de la soldadura. A mayor longitud, aumentamos la tensión, aumentando también el calor aportado y aumentamos el ancho del cordón.

4. Velocidad de desplazamiento:

De la velocidad de desplazamiento también depende el calor aportado. Una adecuada velocidad de desplazamiento permite un depósito de metal de características regular y un aporte de soldadura sin excesos ni carencias.

5. Orientación del electrodo:

El electrodo puede encontrarse orientado hacia delante del sentido de desplazamiento o hacia atrás. Ello depende de la posición de la soldadura.

PRACTICA 1 DE 5

PARTE 1

- Aspectos esenciales en la aplicación de la soldadura, mediante el proceso SMAW

MATERIALES Y EQUIPO DE SEGURIDAD:

- Portar equipo de protección de seguridad personal **FIGURA 1.4**: Gorra, ropa de mezclilla, gamuza y/o algodón, guantes de gamuza o carnaza, lentes de seguridad claros, zapatos industriales, careta para soldar con el filtro Núm. 12.



FIGURA 1.4. EQUIPO DE PROTECCION DE SEGURIDAD.

- Máquina de Soldar de CD de 300 amperes, electrodos E6013 de 1/8", electrodos E6010 de 1/8" y electrodos E7018 de 1/8", estos últimos extraídos de un horno de conservación (de preferencia) bajo una temperatura de 121°C /250° F.
- Solera de acero de bajo contenido de carbono A36 con las dimensiones 1/4"X2"X6".
- Herramientas: cepillo de alambre, pinzas de mecánico, pinzas posicionadoras, flexómetro, piqueta, martillo, cincel, esmeril, discos de corte.
- Solución química NITAL (Ácido nítrico 2% y alcohol metílico 98%).

I. ENCENDIDO Y CONTROL DEL ARCO EN POSICION PLANA.

Objetivo: Desarrollar la habilidad para ajustar debidamente la máquina de soldadura, encendido del arco, manipulación de los diferentes tipos de electrodos observando la naturaleza y comportamiento de los mismos y ejecutar cordones de soldadura ajustando correctamente los parámetros de soldeo para cada electrodo en particular.

Marco Teórico/ Conocimientos:

- i. Proceso SMAW: Ventajas, desventajas y aplicaciones industriales.
- ii. Tipos de corrientes y polaridad.
- iii. Nomenclatura de los electrodos para aceros al carbono.
- iv. Parámetros de soldadura.
 - Longitud de arco.
 - Angulo del electrodo.
 - Velocidad de avance/ tasa de depósito de la soldadura.
 - Amperaje.

Desarrollo:

1. Ajuste de la máquina de soldadura.
 - Conectando las terminales a la máquina de soldadura según corresponda para cada tipo de electrodo a utilizar. (E6010 Polaridad Inversa (+), E6013 Polaridad Inversa o Directa (+) o (-), E7018 Polaridad Inversa (+)).
 - Asignando el tipo de corriente según corresponda para cada tipo de electrodo a utilizar. (E6010 C.D, E6013 C.A/C.D y E7018 C.D).
 - Conectando la terminal de tierra a la mesa de trabajo.
 - Ajustando el amperaje según corresponda para cada tipo de electrodo y dentro del rango de trabajo según lo indique cada fabricante; por ejemplo para electrodos INFRA E6010 (70-110 [A] aprox.), INFRA E6013 (80-125 [A] aprox.) e INFRA E7018 (90-140 [A] aprox.).
2. Encendido del Arco.
 - **Método de Golpeado: FIGURA 1.5** Manteniendo el electrodo de manera vertical; use un movimiento de arriba hacia abajo. Levante el electrodo rápidamente después de golpear la solera para producir la formación del arco e impedir que el electrodo se suelde a la solera. **(Emplear los 3 electrodos).**

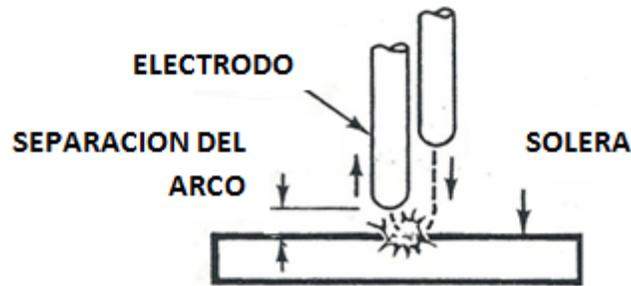


FIGURA 1.5. METODO GOLPEADO. ENCENDIDO DEL ARCO.

- **Método de Raspado:** FIGURA 1.6 Manteniendo el electrodo con un ángulo de 15° (respecto a la vertical) aproximadamente y raspando la superficie de la solera con la punta del electrodo. Levante el electrodo rápidamente después de que el electrodo haya tocado la superficie de la solera para evitar que se suelde con la misma, así mismo procurando establecer el arco sin que este se pierda. **(Emplear los 3 electrodos).**

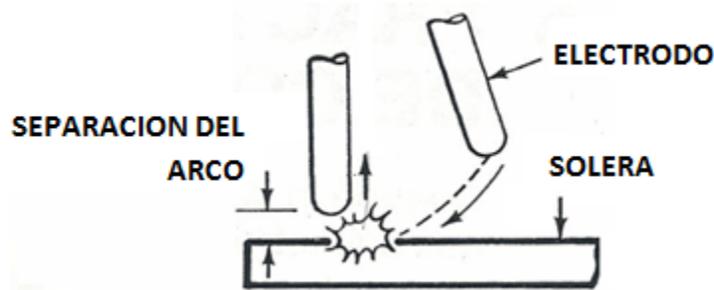


FIGURA 1.6. METODO DE RASPADO. ENCENDIDO DEL ARCO.

- **Respuesta ante situaciones emergentes.**

Situación emergente:

- El electrodo se suelda a la solera durante el proceso de encendido.

Respuesta esperada:

- Si el electrodo se suelda a la solera, sepárelo con un rápido movimiento de la muñeca. Si lo anterior no resulta, sujete la pieza y doble el electrodo hacia adelante y atrás hasta que se separe. Es importante tener la careta de soldadura bien sujeta

a la cabeza para que al separar el electrodo se evite que el destello producido afecte la visión.

3. Práctica de soldadura como botones. FIGURA 1.7.

- Encienda el arco usando el método que más se le facilite.
- Después que el arco se ha establecido mantenga el electrodo $1 \frac{1}{2}$ o 2 veces el diámetro del mismo sobre la pieza de trabajo (longitud de arco).
- Realice un movimiento circular moviéndose y depositando la soldadura en sentido opuesto a las manecillas del reloj del tamaño aproximado de una moneda de 1 peso.
- Rellene la “donita” que se irá formando. Luego corte el arco.
- Realice varios “botones” a lo largo y ancho de la solera.
- Retire la escoria, limpie e inspeccione la soldadura. Consulte con su profesor.

(Emplear los 3 electrodos).



FIGURA 1.7. SOLDADURA COMO BOTONES.

4. Práctica de cordones de soldadura. FIGURA 1.8

- Encienda el arco con el método que más se le facilite.
- Cuando el arco se ha establecido, mantenga una longitud de arco de dos diámetros de electrodo aproximadamente sobre la solera y mueva el electrodo a uno de los extremos de la solera.
- Mantenga la longitud de arco por un segundo sobre ese borde y reduzca la longitud de arco a un diámetro, procurando que no se extinga el arco, coloque el electrodo con un ángulo de trabajo de 5° a 10° .
- Comience a soldar, usando una técnica de soldeo de zigzag, recto o de látigo, permitiendo que la soldadura se ensanche $1 \frac{1}{2}$ veces el diámetro del electrodo.
- Avance de manera constante y uniforme a una velocidad tal que pueda visualizar la uniformidad del cordón, realice lo anterior hasta completar 8cm de longitud a lo largo de la solera aproximadamente. Termine el cordón de soldadura rellenando el cráter de soldadura imaginando que es la “donita” de la práctica anterior y extinga el arco.

- Remueva la escoria, limpie el cordón e inspeccione el resultado.
- Para reiniciar el soldeo, encienda el arco 1cm adelante del cráter de soldadura. Mueva el electrodo hacia el cráter y continúe avanzando.

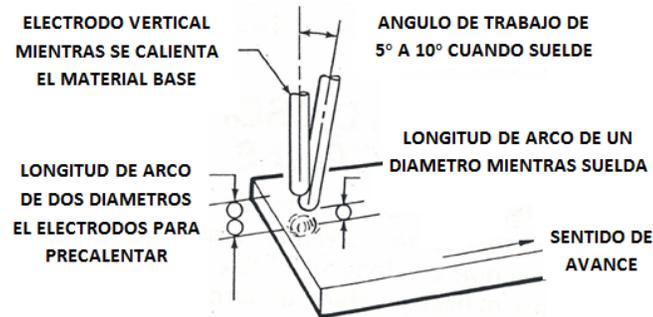


FIGURA 1.8. CORDON DE SOLDADURA

Aspectos teóricos importantes:

- Cada electrodo presenta un comportamiento diferente, mientras el E6013 puede ser usado con un arco mediano, el E7018 y E6010 tendrán que ser usados con un arco corto, es decir, más pegados a la solera aproximadamente medio diámetro del electrodo.
- Además de la nomenclatura común (EXXXX) para los electrodos de acero al carbono, la AWS designa cuatro grupos para este tipo de electrodos según sus características, como sigue:
 - ✓ **F-1** Grupo de alta deposición. (EXX20,24,27)
 - ✓ **F-2** Mediana penetración. (EXX12,13,14)
 - ✓ **F-3** Alta penetración. (EXX10,11)
 - ✓ **F-4** Bajo hidrogeno. (EXX15,16,18)
- Así mismo, dicha clasificación sirve para identificar el grado de dificultad que posee cada uno de los grupos durante el soldeo, siendo el grupo **F-1** el más fácil de manipular y el **F-4** el de mayor grado de dificultad.
- Para facilitar la comunicación en el ámbito de la soldadura existen ciertos términos que se usan durante el soldeo y que hacen énfasis en la dirección, ángulo y colocación del electrodo en relación al material base según la posición, como se ilustra a continuación. **FIGURA 1.9.**

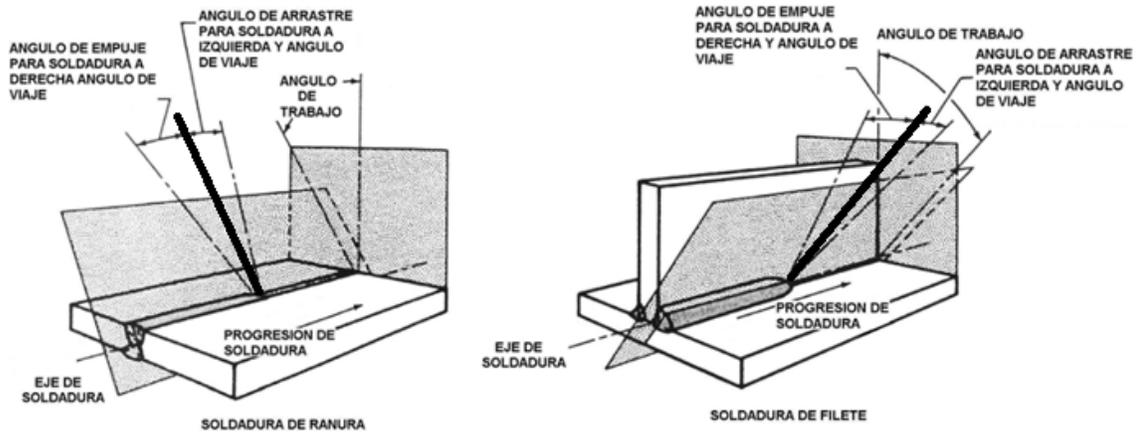


FIGURA 1.9. POSICIÓN DEL ELECTRODO CON RESPECTO AL MATERIAL BASE.
Fuente: AWS A3.0M/A3.0:2010; Standard Welding Terms and Definitions.

Productos/ Resultados esperados:

1. Práctica de soldadura como botones.
 - Que el alumno aprenda a controlar el encendido del arco por cualquiera de los dos métodos presentados.
 - Que el alumno, al realizar la práctica, sus botones de soldadura presenten un aspecto uniforme (buena penetración, una soldadura fluida y con un buen amperaje).
 - Esta práctica también ayudará a visualizar si el alumno posee una buena coordinación visual-manual y si posee una buena aptitud espacial con respecto al material base: Si los “botones” se muestran encimados, el alumno deberá practicar más, si los “botones” poseen un espacio similar uno del otro, significa que el alumno ha progresado.

2. Práctica de cordones de soldadura. Inspección visual y macro ataque.
 - Aprender a controlar la longitud de arco a lo largo de la solera durante el soldeo.

Inspección Visual:

- Visualizar la influencia y el cambio en cada uno de los parámetros de soldeo.
- Una longitud de arco inadecuado (arco muy largo) producirá un sonido irregular. El arco se apagará frecuentemente. La salpicadura será excesiva **FIGURA 1.10**. La superficie será irregular y se obtendrá un cordón muy ancho. Poca penetración.

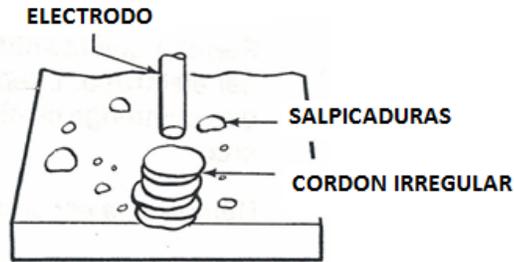


FIGURA 1.10. SALPICADURA EXCESIVA

- Un amperaje inadecuado (muy bajo) producirá un cordón demasiado angosto y abultado. El electrodo se pegará con frecuencia. Se dificultará el encendido del arco. Poca penetración y una tasa de depósito de soldadura muy bajo. **FIGURA 1.11.**

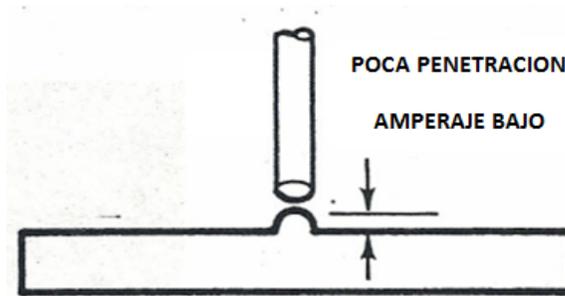


FIGURA 1.11. EFECTO AMPERAJE INADECUADO

- Un amperaje muy alto producirá excesiva salpicadura, socavación en los bordes, depósito irregular de la soldadura.
- Una velocidad de avance muy alta producirá un cordón pequeño e irregular. No habrá suficiente soldadura en el material base.
- Una velocidad de avance muy lenta producirá excesivo acumulamiento de soldadura en el material base. Traslape de los cordones sin penetración en los bordes. También puede provocar deformación en el material base.

Ensayo de macro ataque.

Aspectos teóricos importantes:

- El ensayo de macro ataque es un ensayo destructivo, cuyo propósito es visualizar la sanidad de la soldadura a nivel macro (que no existan porosidades, grietas o falta de penetración en los bordes) así como el perfil de la soldadura.

Metodología.

- Una vez realizado el cordón de soldadura en una solera de 6" aproximadamente, se secciona la solera por la mitad con ayuda de un esmeril o cortadora de metales.
- La preparación de la probeta consiste en limpiarla, pulirla con una lija malla 600 y posteriormente con una malla 400 hasta que no presente residuos del metal.
- Posteriormente se realiza el ataque químico con NITAL (Ácido nítrico 2% y alcohol metílico 98%) y se vuelve a pulir.
- Una vez realizado lo anterior se podrá observar el perfil de soldadura y los posibles defectos e imperfecciones en caso de que no se haya realizado la soldadura correctamente.

2. MARCO TEORICO PRACTICA 1 DE 5: PARTE 2.

2.1. Nomenclatura de la Soldadura de Filete. FIGURA 2.1



FIGURA 2.1. NOMENCLATURA SOLDADURA DE FILETE.

1. **Garganta actual del filete:** La distancia más corta entre la raíz de la soldadura de filete a su cara
2. **Pierna de un filete:** La distancia desde la raíz de la unión al borde exterior del filete.
3. **Raíz de la soldadura:** El punto donde la parte de atrás de la soldadura intersecta la superficie del metal base.
4. **Pie de un filete:** La unión entre la cara de la soldadura y el metal base.
5. **Cara de la soldadura:** La superficie expuesta de la soldadura desde el lado donde se soldó.
6. **Profundidad de la fusión:** La distancia en que la fusión se extiende dentro del metal base o del cordón anterior correspondiente a la superficie derretida durante el proceso.
7. **Tamaño de la soldadura:** El lado del filete.

2.2. Posiciones de Soldadura de Filete. FIGURA 2.2.

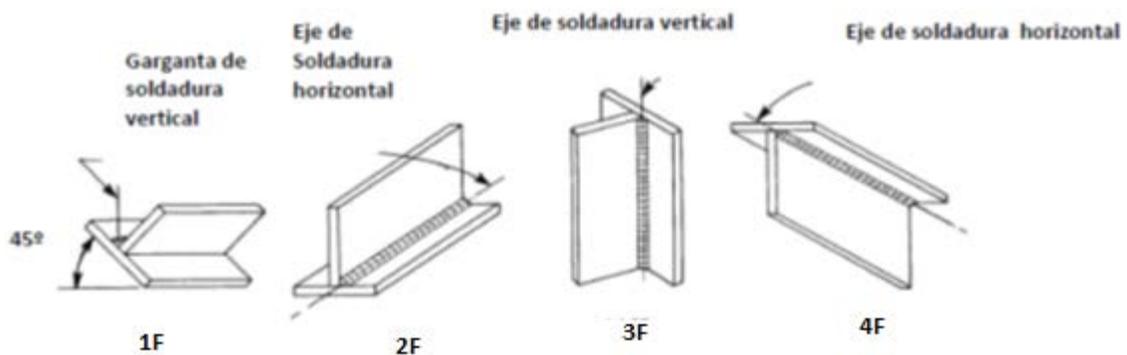


FIGURA 2.2. POSICIONES DE SOLDADURA DE FILETE

- Aplicación de soldadura en posición 2F, mediante el proceso SMAW.

MATERIALES Y EQUIPO DE SEGURIDAD:

- Portar equipo de protección de seguridad personal: Gorra, ropa de mezclilla, gamuza y/o algodón, guantes de gamuza o carnaza, lentes de seguridad claros, zapatos industriales, careta para soldar con el filtro Núm. 12.
- Máquina de Soldar de CD de 300 amperes, electrodos E6013 de 1/8", electrodos E6010 de 1/8" y electrodos E7018 de 1/8", estos últimos extraídos de un horno de conservación (de preferencia), bajo una temperatura de 121°C /250° F.
- Solera de acero de bajo contenido de carbono A36 con las dimensiones 1/4"X2"X6".
- Herramientas: cepillo de alambre, pinzas de mecánico, pinzas posicionadoras, flexómetro, piqueta, martillo, cincel.

1. SOLDADURA DE FILETE EN POSICION 2F CON MULTIPLES PASADAS.

Objetivo: Desarrollar la habilidad práctica para realizar soldaduras en posición 2F, mediante cordones seriados. Visualizar la influencia de las técnicas de soldeo durante el proceso. Visualizar la naturaleza y comportamiento de los diferentes tipos de electrodos.

Marco Teórico/ Conocimientos:

- i. Nomenclatura de la soldadura de filete.
- ii. Posiciones de soldadura en filete.
- iii. Técnicas de soldeo y su influencia en el material base desde el punto de vista térmico.

Desarrollo/ Desempeño:

1. Ajuste de la máquina de soldadura.
 - Conectando las terminales a la máquina de soldadura según corresponda para cada tipo de electrodo a utilizar. (E6010 Polaridad Inversa (+), E6013 Polaridad Inversa o Directa (+) o (-), E7018 Polaridad Inversa (+)).
 - Asignando el tipo de corriente según corresponda para cada tipo de electrodo a utilizar. (E6010 C.D, E6013 C.A/C.D y E7018 C.D).
 - Conectando la terminal de tierra a la mesa de trabajo.

- Ajustando el amperaje según corresponda para cada tipo de electrodo y dentro del rango de trabajo según lo indique cada fabricante; por ejemplo para electrodos INFRA E6010 (70-110 [A] aprox.), INFRA E6013 (80-125 [A] aprox.) e INFRA E7018 (90-140 [A] aprox.).

2. Posición del material base y soldaduras de “refuerzo”.

- Coloque las soleras en la mesa de trabajo a manera de formar la unión en “T” como se muestra en la **FIGURA 2.3**.
- Coloque unos puntos de soldadura en los extremos de las soleras.
- Coloque unos puntos de soldadura en la base de la solera a fin de unirlo provisoriamente a la mesa de trabajo, lo anterior se realiza con el objetivo de evitar movimientos durante el soldeo, y en caso de que el electrodo se suelde al material base, lo anterior facilita para despegar el electrodo.

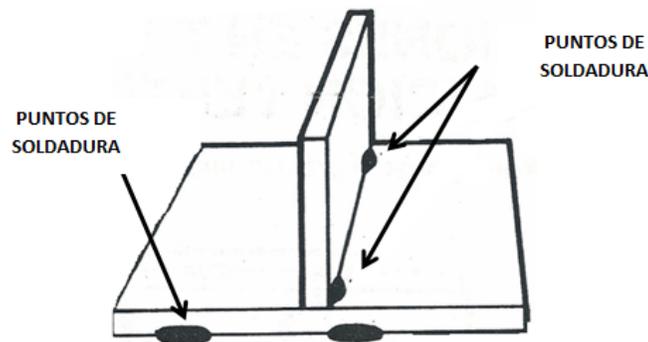


FIGURA 2.3. UNION DE “T”

3. Aplicación de soldadura en posición 2F, mediante el proceso SMAW.

- Encienda el arco usando cualquiera de las dos técnicas antes descritas.
- Posicione su electrodo en un ángulo de trabajo de 45° con respecto a la mesa de trabajo y un ángulo de avance positivo de 5° a 10° e inicie el depósito del primer cordón de soldadura. **FIGURA 2.4**.
- Para el electrodo **E6013** use una técnica de zigzag de tal manera que toque cada uno de los bordes de la junta, es altamente recomendable que vaya contando mientras suelda, es decir, mientras suelda cuente un segundo por borde.
- Para el **E7018** utilice una longitud de arco pequeña con una técnica de soldeo de “látigo”, de la misma forma que el anterior vaya contando mientras avanza.
- Para el **E6010** utilice una longitud de arco pequeña con una técnica de soldeo de media luna.

- Visualice el charco de soldadura, este será su referencia para su velocidad de soldeo, si suelda demasiado rápido el charco no se formara de manera correcta y dejará discontinuidades en la soldadura.

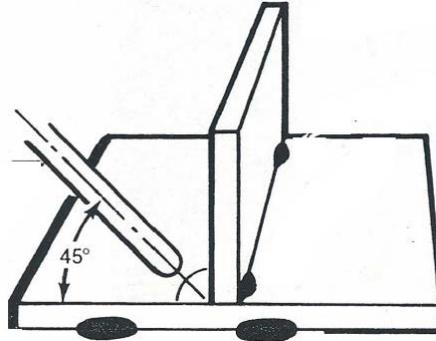


FIGURA 2.4. ANGULO DE TRABAJO DE 45 GRADOS

- Deposite el resto de los cordones alternando los lados como se muestra en la FIGURA 2.5, esto minimizará la distorsión y el sobrecalentamiento en las soleras.
- Remueva la escoria al término de cada cordón.

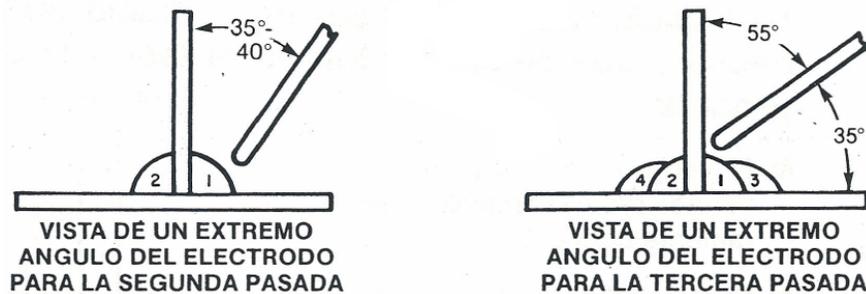


FIGURA 2.5. ORDEN DE DEPÓSITO DE LAS SOLDADURAS.

- Inspeccione la soldadura y consulte con su profesor.

Productos/ Resultados esperados:

1. Práctica de soldadura de filete posición 2F.
 - Los cordones tienen que tener uniformidad y continuidad, el traslape entre el 2do y el 3er cordón deberá ser visible.
 - Las reanudaciones deberán estar bien hechas, sin abultamientos.

3. MARCO TEORICO PRACTICA 1 DE 5: PARTE 3.

3.1. Discontinuidades y defectos en los procesos de soldadura.

Hablamos de una discontinuidad como la interrupción de la estructura típica (o esperada) de una junta soldada. En este sentido, se puede considerar a la discontinuidad como la falta de homogeneidad de la materia física, mecánica o metalúrgica, de la soldadura. La existencia de discontinuidades en una junta soldada no significa necesariamente que ésta sea defectuosa. Esta condición depende del uso que se le dará a la junta, y dicha discontinuidad se caracteriza mediante la medida y comparación de las propiedades observadas contra niveles de aceptación establecidos en un código de diseño o el contrato correspondiente. Por lo tanto, se considera una junta soldada defectuosa cuando contiene discontinuidades que no cumplen con los requisitos necesarios, por ejemplo, para un determinado código. Las juntas defectuosas deben, en general, ser reparadas o reemplazadas, incluso.

3.2. Inspección de uniones soldadas.

La inspección de un conjunto soldado consiste en actividades relacionadas con el proceso y equipos de soldadura, la especificación del procedimiento de soldadura y su calificación, calificación del soldador u operador, consideraciones sobre la metalurgia de la soldadura, los métodos de evaluación dimensionales, visuales y los diferentes tipos de ensayos no destructivos, ensayos mecánicos, junto con el conocimiento del diseño calculado para el equipo, atendiendo las distintas normas y especificaciones que aplican a proyecto.

La inspección puede ocurrir en diferentes momentos de un proceso de fabricación. El alcance y los requisitos asociados a la inspección varían en función del tipo de actividad considerada, los requisitos del contrato y las normas que apliquen. En general, la inspección puede incluir aspectos tales como:

a. Inspección antes de la soldadura.

- Los procedimientos y requisitos.
- Planes para la fabricación y pruebas.
- Las especificaciones y la calidad del metal base.
- Soldadura y equipos auxiliares.
- Los consumibles de soldadura.
- Diseño y elaboración de las juntas a soldar.

b. Inspección durante la soldadura.

- Control del montaje y ajuste de las piezas.
- Calidad de los puntos durante el armado de la pieza.
- Control de las deformaciones.
- Cumplimiento de los procedimientos de soldadura y los planes de fabricación.
- Controlar la temperatura de precalentamiento y entre pasos y los métodos de medición.
- Manejo y control de los consumibles de soldadura.
- Calificación de soldadores para las operaciones realizadas.
- Limpieza entre pases y la limpieza final de la junta.
- Ensayos no destructivos (inspección visual y, si es necesario, otros).

c. Inspección después de la soldadura.

- Cumplimiento de los planos y especificaciones.
- Limpieza.
- Ensayos no destructivos aplicables.
- Inspección destructiva (por ejemplo, pruebas mecánicas de las muestras).
- Pruebas de funcionamiento.
- Control de las reparaciones.
- Control de tratamiento térmico después de soldadura y otras operaciones.
- Documentación de las actividades de fabricación e inspección.

3.3. Ensayos no destructivos.

Objetivos de los E.N.D.

- Detectar discontinuidades en materiales y estructuras sin destrucción de los mismos (DETECCIÓN).
- Determinar la ubicación, orientación, forma, tamaño y tipo de discontinuidades (EVALUACIÓN).
- Establecer la calidad del material, basándose en el estudio de los resultados y en la severidad de las discontinuidades y/o defectos de acuerdo a las normas de calidad y los objetivos del diseño (CALIFICACIÓN).

Las pruebas no destructivas, como su nombre lo indica, no alteran de forma permanente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material. Por ello no inutilizan las

piezas que son sometidas a los ensayos y tampoco afectan de forma permanente las propiedades de los materiales que las componen.

De acuerdo con su aplicación, los Ensayos no destructivos, nombre más comúnmente usado para las pruebas no destructivas, se divide en:

- Técnicas de inspección superficial.
- Técnicas de inspección volumétrica.
- Técnicas de inspección de la integridad o hermeticidad.

Técnicas de inspección superficial.

Mediante éstas sólo se comprueba la integridad superficial de un material. Por tal razón su aplicación es conveniente cuando es necesario detectar discontinuidades que están en la superficie, abiertas a ésta o a profundidades menores de 3 mm. Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes Ensayos no Destructivos:

- Inspección visual (VT).
- Líquidos penetrantes (PT).
- Partículas magnéticas (MT).
- Electromagnetismo (ET).
- Corrientes inducidas.
- Termografía.

Técnicas de inspección volumétrica

Su aplicación permite conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza. Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes ensayos:

- Radiografía industrial (RT)
- Ultrasonido industrial (UT)
- Radiografía neutrónica (NT)
- Emisión acústica (AET)

- Ensayos de fractura, inspección visual y macro ataque del elemento soldado.

MATERIALES Y EQUIPO DE SEGURIDAD:

- Portar equipo de protección de seguridad personal: Gorra, ropa de mezclilla, gamuza y/o algodón, guantes de gamuza o carnaza, lentes de seguridad claros, zapatos industriales, careta para soldar con el filtro Núm. 12.
- Máquina de Soldar de CD de 300 amperes, electrodos E6013 de 1/8", electrodos E6010 de 1/8" y electrodos E7018 de 1/8", estos últimos extraídos de un horno de conservación (de preferencia), bajo una temperatura de 121°C /250° F.
- Solera de acero de bajo contenido de carbono A36 con las dimensiones 1/4"X2"X6".
- Herramientas: cepillo de alambre, pinzas de mecánico, pinzas posicionadoras, flexómetro, piqueta, martillo, cincel, esmeril, discos de corte.
- Solución química NITAL (Ácido nítrico 2% y alcohol metílico 98%).

1. ENSAYO DE FRACTURA, INSPECCION VISUAL Y ENSAYO DE MACRO ATAQUE EN UNA SOLDADURA DE FILETE EN POSICION 2F.

Objetivo: Realizar una inspección de soldadura a la junta soldada por medio del ensayo de fractura, inspección visual y macro ataque, teniendo como referencia las normas de aceptabilidad de ASME secc. IX.

Marco Teórico/Conocimientos:

- i. Discontinuidades y defectos en los procesos de soldadura.
- ii. Pruebas destructivas: ensayo de fractura y macro ataque.
- iii. Pruebas no destructivas: aplicación, ventajas, limitaciones y beneficios.
- iv. Técnicas de inspección superficial: inspección visual.

Desarrollo/Desempeños:

1. Ensayo de Fractura o quebrado.
 - Ajuste la máquina según corresponda para los electrodos E6013 y E7018.

- Usando dos soleras de $\frac{1}{4} \times 2 \times 6$ ", suéldelas con una configuración en "T" como se muestra en la **FIGURA 3.1**, dejando una separación de borde a canto de $\frac{1}{8}$ " aproximadamente. Coloque los puntos de soldadura como se muestra en la **FIGURA 3.1**.

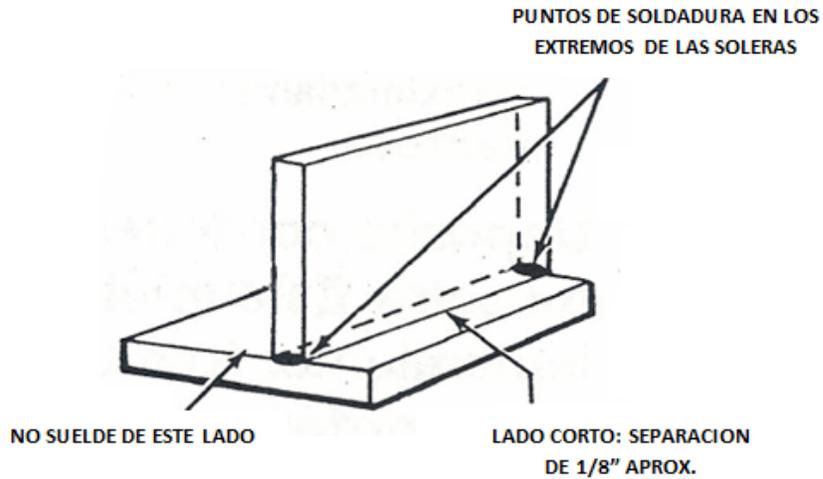


FIGURA 3.1. PREPARACION ENSAYO DE FRACTURA

- Usando el electrodo de su preferencia E6013 o E7018 y con los parámetros de soldeo previamente ajustados, usando las técnicas de soldeo previamente mencionadas en las **PARTES 1 Y 2**, proceda a soldar en el lado corto de la junta, asegurándose de que el perfil de soldadura terminada sea plano o ligeramente convexo, que tenga uniformidad y continuidad.
- Realizar el soldeo a lo largo de toda la junta. **FIGURA 3.2**.

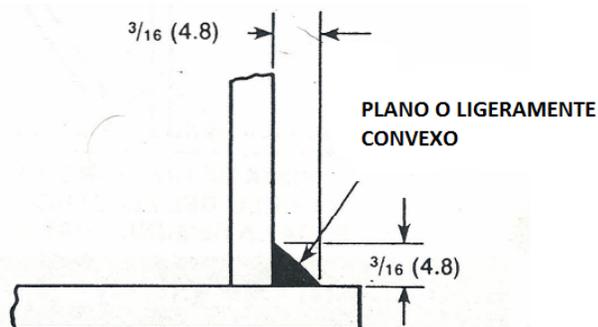


FIGURA 3.2. SOLDADURA PARA ENSAYO DE FRACTURA

- Una vez terminada la soldadura a lo largo de la junta, se espera un poco a que se enfríe (no sumergir en agua). Una vez con temperatura ambiente se procede a seccionar la junta.
- Se corta 1" de cada extremo de la junta, de tal forma que la longitud final de la junta soldada sea de 4". Por norma se seccionan los extremos de la junta ya que se infiere que estas son las zonas con mayor probabilidad de encontrar defectos por inicio y termino de soldeo.
- Ya con las dimensiones finales en la junta soldada, se procede a aplicar a la probeta una carga por medio de una prensa hasta que la probeta quede completamente paralela a la zona de trabajo. **FIGURA 3.3.**
- La soldadura no deberá fracturarse, en caso de hacerlo, se procede a visualizar la junta por medio de inspección visual y con base en las normas de aceptabilidad que correspondan.

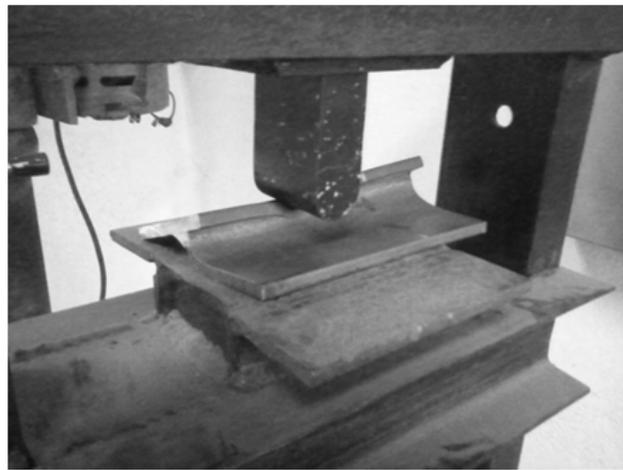
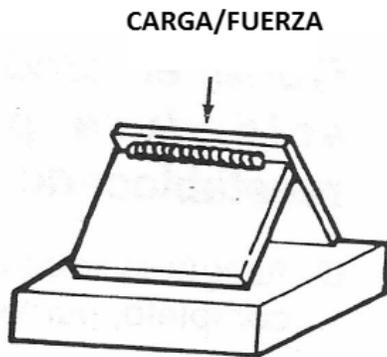


FIGURA 3.3. CARGA APLICADA A LA PROBETA

Productos/ Resultados esperados:

1. Inspección Visual:

- La soldadura pasara la prueba si las soleras se doblan hasta llegar a la paralela sin presentar fractura alguna. Si la soldadura se quiebra, deberá cumplir los requerimientos de fusión y se procederá a realizar la inspección visual como sigue:

- La soldadura debe mostrarse razonablemente uniforme y con continuidad en su apariencia, sin traslajos, grietas ni socavación excesiva. No debe haber porosidad visible.
- La superficie quebrada de la soldadura debe mostrar fusión en la raíz y no mostrar falta de fusión en los bordes del material base.
- No puede haber inclusiones de escoria o porosidad visible.

GRIETAS: En inspección visual, una soldadura será aceptable si ésta no presenta grietas, en caso contrario la probeta es rechazada.

FUSION: En inspección visual, una soldadura será aceptable si hay completa fusión entre el metal base y el metal de aporte, en caso contrario la probeta es rechazada.

INCLUSIONES DE ESCORIA: En inspección visual, una soldadura será aceptable si no hay inclusiones de escoria que excedan de 3mm en un espacio de 3cm² totales cualesquiera de la junta soldada, en caso contrario la probeta es rechazada.

POROSIDAD: En inspección visual, una soldadura será aceptable si la porosidad no excede de 1mm máx. y la suma total de los que existan en cualesquier superficie de 20cm² no exceda de 3mm, en caso contrario se considera rechazada.

SOCAVACION: En inspección visual, una soldadura será aceptable, si la socavación no excede de 1mm de ancho y de 1/2mm de profundidad y la suma de todos los defectos es de no más de 5mm en 15 cm² cualesquiera de la soldadura.

2. Ensayo de Macro ataque:

- Siguiendo todos los pasos del **ELEMENTO 2 DE 3** realice la soldadura en posición 2F.
- Una vez realizado el cordón de soldadura en una solera de 6" aproximadamente, se secciona la solera por la mitad con ayuda de un esmeril o cortadora de metales.
- La preparación de la probeta consiste en limpiarla, pulirla con una malla 600 y posteriormente con una malla 400 hasta que no presente residuos del metal.
- Posteriormente se realiza el ataque químico con NITAL (Ácido nítrico 2% y alcohol metílico 98%) y se vuelve a pulir.

- Una vez realizado lo anterior se podrá observar el perfil de soldadura y los posibles defectos e imperfecciones, en caso de que no se haya realizado la soldadura correctamente.

4. MARCO TEORICO. PRACTICA 2 DE 5: PARTE 1.

CÓDIGO ASME SECCIÓN IX: CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.

El Código ASME de calderas y recipientes sujetos a presión, está constituido por once secciones:

- I** Reglas para la construcción de calderas de potencia.
- II** Materiales.
 - Parte A** — Especificaciones de materiales ferrosos.
 - Parte B** — Especificaciones de materiales no ferrosos.
 - Parte C** — Especificaciones de varillas para soldar, electrodos y metales de aporte.
 - Parte D** — Propiedades.
- III** Reglas para la construcción de componentes centrales nucleares.
 - Subsección NCA** — Requerimientos generales para las división 1 y división 2.
 - División 1.**
 - Subsección NB** — Componentes clase 1.
 - Subsección NC** — Componentes clase 2.
 - Subsección ND** — Componentes clase 3.
 - Subsección NE** — Componentes clase MC.
 - Subsección NF** — Soportes.
 - Subsección NG** — Estructura de soporte del núcleo.
 - Subsección NH** — Componentes de clase 1 en servicio de temperatura elevada.
 - Apéndices.**
 - División 2** — Código para recipientes de reactores y contenciones de concreto.

División 3 — Sistemas de contención y empaques de transporte para combustible nuclear gastado y desperdicio radiactivo de alto nivel.

- IV** Reglas para la construcción de calderas para calefacción.
- V** Pruebas no destructivas.
- VI** Reglas recomendadas para el cuidado y operación de calderas para calefacción.
- VII** Guías recomendadas para el cuidado de calderas de potencia.
- VIII** **División 1** — Reglas para la construcción de recipientes a presión.
División 2 — Reglas alternas.
División 3 — Reglas alternas para construcción de recipientes de alta presión.
- IX** Calificaciones para soldadura y para soldadura fuerte.
- X** Recipientes a presión de plástico reforzado con fibras.
- XI** Reglas para la inspección en servicios de componentes para centrales nucleares.

La **Sección IX** del código se relaciona con la calificación de soldadores, operarios de soldadura y los procedimientos empleados en soldadura de acuerdo con el Código de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión de la ASME y con el Código ASME B31 para Tubería de Presión.

En esta sección se establecen los criterios básicos para soldadura que son observados en la preparación de requerimientos de soldeo que afectan al procedimiento y a la habilidad. La calificación de acuerdo con la Sección IX no es una garantía de que las calificaciones de procedimientos y de habilidades serán aceptables para un código de construcción en particular.

En la Calificación de Habilidad del Soldador, el criterio básico es determinar la capacidad de depositar metal de soldadura sano, libre de defectos e imperfecciones de acuerdo al código de aplicación. En la Calificación de Habilidad de Operario, el criterio básico es determinar la capacidad del operario de soldadura para manipular el equipo en cuestión.

La Sección IX se divide en dos partes: La **“Parte QW” — Requerimientos de Calificación para Soldadura** y la **“Parte QB” Requerimientos de Calificación para Soldadura Fuerte**. La **“Parte QW”**, la cual es de interés primordial en esta tesis, está dividida en 5 artículos como se describe a continuación:

Artículo I — Requerimientos Generales de Soldadura QW-100.

El Artículo I nos describe los alcances de la Sección IX: el propósito y el uso de la WPS, PQR (**Calificación del procedimiento de soldadura**) y WPQ (**Calificación de habilidades del soldador**); las responsabilidades de los ingenieros, supervisores, inspectores, soldadores y todo aquel personal relacionado en el ámbito de la soldadura; las posiciones de prueba en soldadura; tipos y propósitos de las pruebas y exámenes; procedimientos de pruebas; criterios de aceptación; examen visual; examen radiográfico.

Artículo II — Calificación de Procedimientos de Soldadura QW-200.

En este Artículo II se mencionan las variables a tomar en cuenta al momento de elaborar las WPS y las PQR, cada procedimiento es mencionado de manera separada en el QW-250, con sus respectivas variables esenciales, no esenciales y suplementarias; lo anterior se mencionara en secciones posteriores.

Artículo III — Calificación de desempeño o habilidad de Soldadura QW-300.

Este Artículo III está relacionado con la calificación de desempeño de los soldadores, en el apartado QW-350 se mencionan las variables esenciales a tomar en cuenta durante la calificación, así como las responsabilidades del soldador u operario a calificar, los tipos de pruebas, registros, posiciones de soldadura, limitaciones de la calificación, los datos del soldador, fecha de vencimiento y renovación de la calificación; también se mencionan los tipos de exámenes con los cuales se podrá calificar al soldador.

Artículo IV — Datos de Soldadura QW-400.

Las variables de soldadura mencionadas en los apartados QW-250 y QW-350 son descritas y detalladas en este Artículo IV. Los datos de soldadura incluyen las variables de soldadura agrupados como juntas, metales base, metales de aporte, posición, precalentamiento, tratamiento térmico posterior a soldadura, gas, características eléctricas, y técnica. Las variables para cada proceso de soldadura son resumidas en QW-416 para la calificación de habilidad del soldador.

Artículo V — Especificación de Procedimientos de Soldadura Normalizados QW-500

Son WPS que previamente han sido calificadas y validadas, están listadas en el apéndice E del código, así mismo en el Artículo V se menciona cuando pueden ser usadas y sus límites de aplicación.

4.1. Artículo I — Requerimientos Generales de Soldadura QW-100.

QW-120. Posiciones del ensayo para soldaduras de ranura.

Se pueden hacer soldaduras de ranura en cupones de ensayos orientados en cualquiera de las posiciones (TABLA1) de QW-461.3 (a), (b), (c) o (d) (ver FIGURA 4.1) se permiten una desviación angular de ± 15 grados a partir de los planos horizontales y vertical especificados, y una desviación de ± 5 grados a partir del plano inclinado especificado.

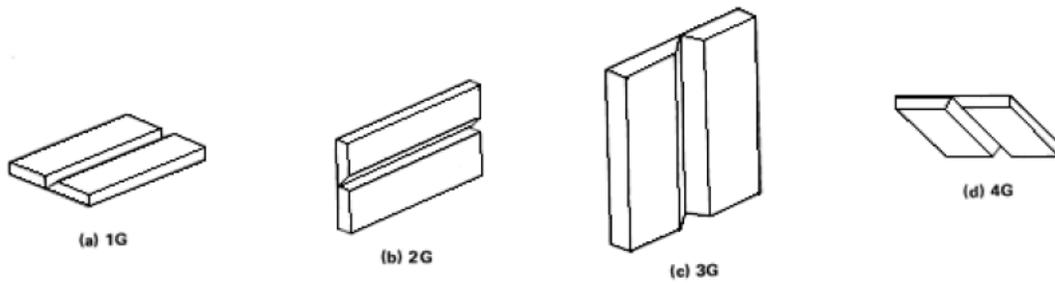


FIGURA 4.1. POSICIONES DEL ENSAYO PARA SOLDADURA EN RANURA.

TABULACION DE POSICIONES DE SOLDADURA DE RANURA, (ver FIGURA 4.2).

Posiciones.	Referencia del diagrama.	Inclinación del eje, en grados.	Rotación de la cara, en grados.
Plana 1G	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal 2G	B	0° a 15°	80° a 150° 210° a 280°
Sobre Cabeza 4G	C	0° a 80°	0° a 80° 280° a 360°
Vertical 3G	D	15° a 80°	80° a 280°
	E	80° a 90°	0° a 360°

TABLA 1. Tabulación de posiciones de soldadura en ranura.

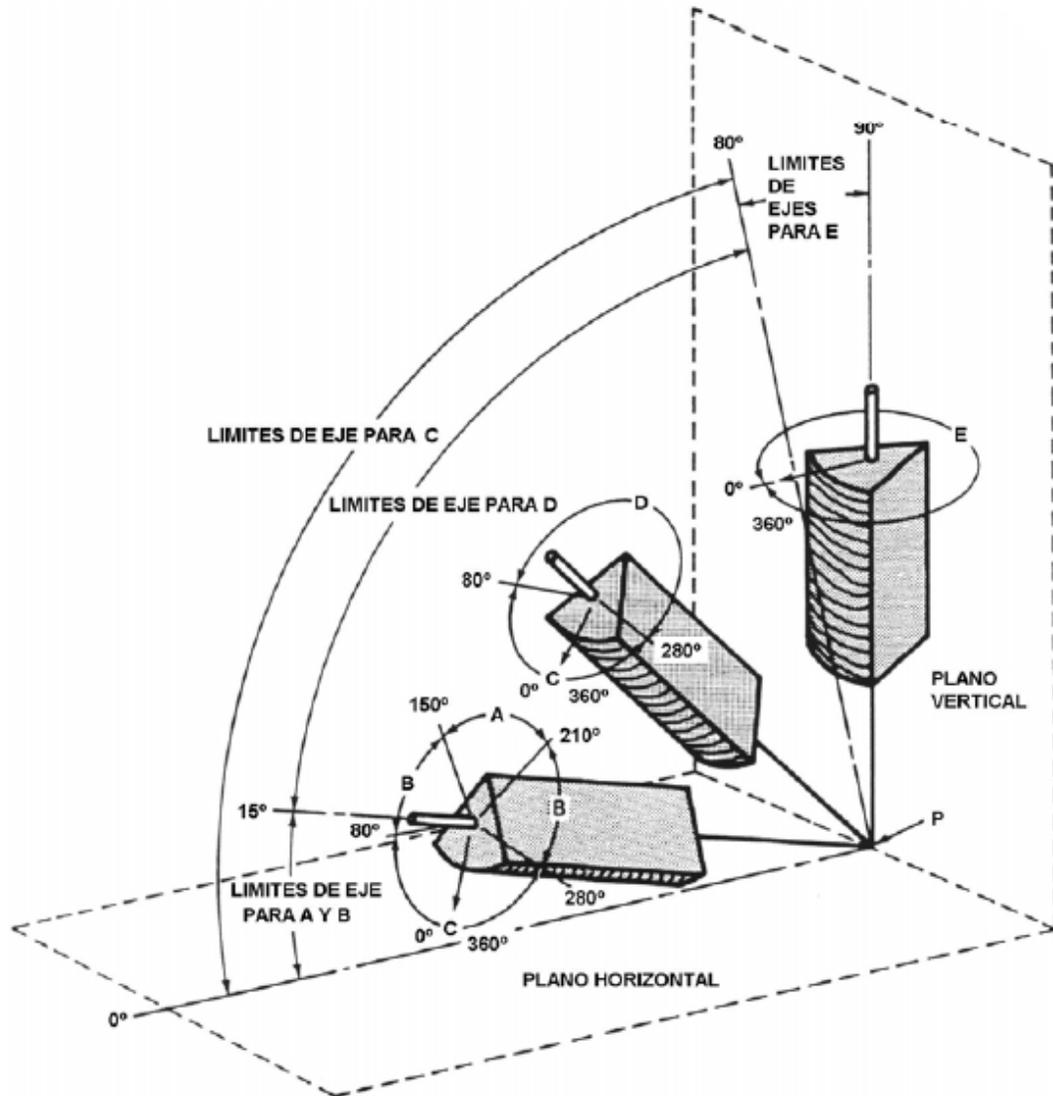


FIGURA 4.2. ORIENTACIÓN DE LAS SOLDADURAS EN RANURA. QW-461.1.

QW-130. Posiciones del ensayo para soldaduras de filete.

Las soldaduras en filete se pueden hacer en cupones de ensayo orientadas en cualquiera de las posiciones (TABLA 2) de QW-461.5 (a), (b), (c) o (d) (ver FIGURA 4.3), se permite, durante la soldadura, una desviación angular de ± 15 grados a partir de los planos horizontal y vertical especificados.

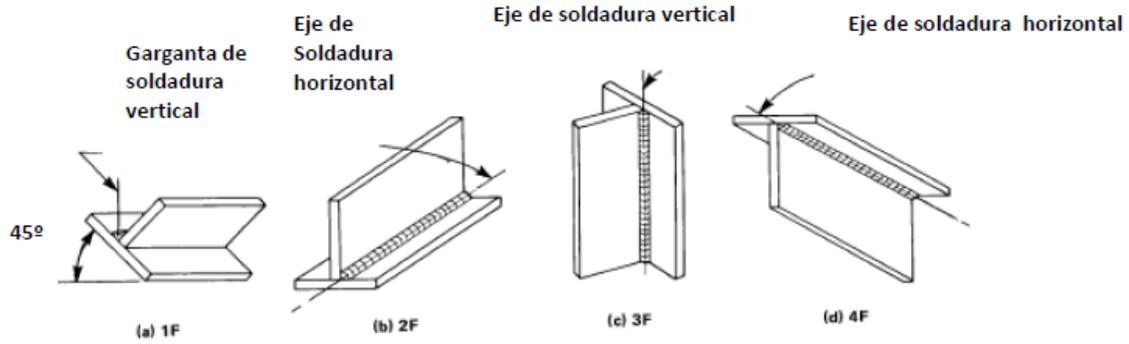


FIGURA 4.3. POSICIONES DEL ENSAYO PARA SOLDADURAS DE FILETE.

TABULACION DE POSICIONES DE SOLDADURA DE FILETE, (ver FIGURA 4.4).

Posiciones.	Referencia del diagrama.	Inclinación del eje, en grados.	Rotación de la cara, en grados.
Plana 1F	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal 2F	B	0° a 15°	125° a 150° 210° a 235°
Sobre Cabeza 4F	C	0° a 80°	0° a 125° 235° a 360°
Vertical 3F	D	15° a 80°	125° a 235°
	E	80° a 90°	0° a 360°

TABLA 2. Tabulación de posiciones de soldadura en filete.

Para ambas configuraciones (ranura y filete) el plano de referencia horizontal es ubicado siempre por debajo de la soldadura en consideración. La inclinación del eje se mide desde el plano de referencia horizontal hacia el vertical.

El ángulo de rotación de la cara se mide desde una línea perpendicular al eje de la soldadura y se apoya en un plano vertical que contiene este eje.

La posición de referencia (0°) de la rotación de la cara apunta invariablemente en la dirección opuesta a esa en la cual el ángulo del eje aumenta. El ángulo de rotación de la cara de la soldadura se mide en dirección de las agujas del reloj de esta posición de referencia (0°) cuando se observa en el punto P.

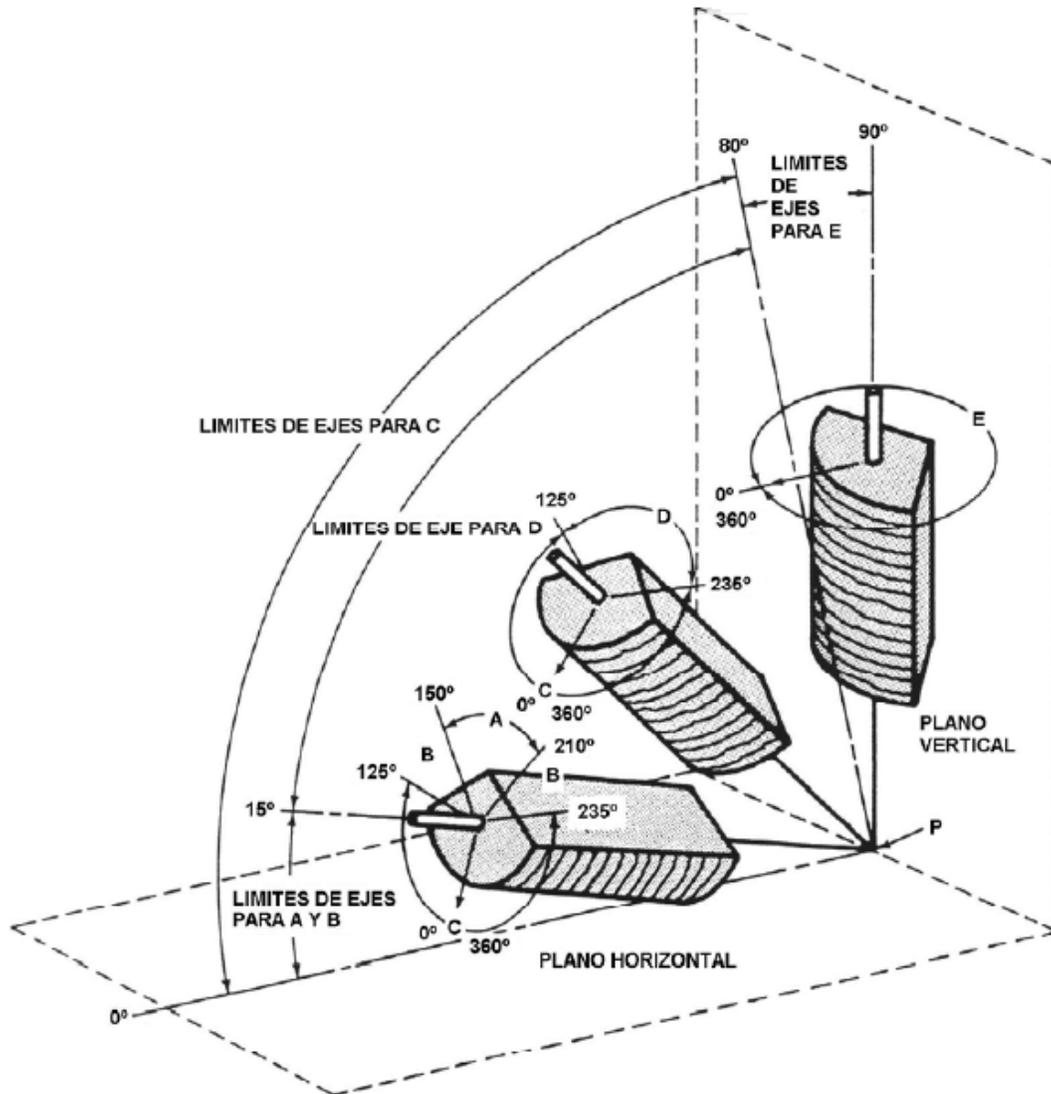


FIGURA 4.4. ORIENTACIÓN DE LAS SOLDADURAS EN FILETE. QW-461.2.

4.2. ARTICULO II — CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA QW-200: FORMATOS WPS Y PQR.

La mayoría de las reglas mencionadas en la Sección IX del código ASME implica a uno o a los tres documentos mencionados anteriormente WPS, WPQ y PQR, es muy común encontrar que se mezclen las funciones de uno o de todos ellos en una misma actividad. En el uso de la Sección IX el usuario deberá revisar y comprender cuál de estos documentos es el que necesita y que su aplicación sea la correcta; debido a que existe una fuerte relación entre estos documentos, se tiende

a confundir los alcances y limitaciones de los mismos, por lo cual, y con el objetivo de clarificar lo anterior, en la **TABLA 3** se detallarán sus alcances.

FORMATOS APLICACIONES	WPS ESPECIFICA: Variables esenciales, no esenciales, otras directrices.	PQR REGISTRA: Variables esenciales, Test y Resultados, otras directrices.	WPQ REGISTRA: Valores Obtenidos, Resultados de la prueba. ESPECIFICA: Rango de Calificación.
¿Qué nos proporciona cada uno de estos documentos?	La WPS nos dice como realizar el soldeo, da las especificaciones del material a soldar y como se deberá realizar la soldadura.	La PQR valida las WPS mediante ensayos, de tal manera de que se garanticen las propiedades del material base según la aplicación.	La WPQ proporciona la prueba de que el soldador posee la habilidad de obtener una soldadura sana para la aplicación en cuestión.
¿Qué información contienen estos documentos y que califican?	La WPS nos dice como realizar la soldadura especificando las variables esenciales y no esenciales, a fin de obtener una soldadura sana.	Mediante el soldeo de cupones de pruebas y la realización de ensayos destructivos las PQR validan y califican las WPS .	El soldador es calificado mediante el soldeo de un cupón de prueba, dicho soldeo es dirigido mediante la WPS previamente calificada, los cupones se ensayan para validar la habilidad del soldador

TABLA 3. Alcances de los formatos WPS, PQR y WPQ.

4.2.1. Formatos de especificación de procedimientos de soldadura (WPS).

Una **WPS** comprende un listado de las variables de soldadura y demás datos que corresponden a una descripción detallada de cómo debe ser realizada la soldadura con características específicas, los valores y demás datos que se detallan y deberán ser tales que permitan obtener una soldadura en condiciones de aceptabilidad y repetitividad, según fuera establecido en la especificación, norma y/o código aplicable por diseño.

Los ítems (valores y demás datos) que intervienen comúnmente en las descripciones de una especificación de procedimiento de soldadura son:

Alcance: La determinación del alcance del procedimiento nos sirve para orientarnos en qué ámbito se aplicará éste procedimiento.

Metal base y especificaciones aplicables: los procedimientos de soldadura se elaboran con el objeto de soldar materiales base, los distintos materiales base requieren procedimientos específicos.

Proceso de soldadura: El proceso de soldadura a utilizar está condicionado a la disponibilidad de equipamiento, características propias de la obra a realizar, habilidades de los operadores, posiciones a soldar, entre otros aspectos.

Tipo, clasificación y composición del metal de aporte y demás consumibles: La compatibilidad metalúrgica y las propiedades mecánicas necesarias, son dos de los aspectos determinantes en la elección de los materiales de aporte. Además se considera la posición de soldadura, el equipamiento de soldadura disponible, entre otros.

Tipo y rango de valores de la tensión y de la corriente eléctrica a utilizar: para cada diámetro de electrodo corresponde un rango de corriente dentro del cual el electrodo puede operar. El valor de corriente a utilizar depende de las posiciones de soldadura, las características del electrodo, la habilidad del soldador, el cuidado de evitar discontinuidades y de las propiedades mecánicas y metalúrgicas que se debe lograr.

Diámetro y polaridad del electrodo: La penetración, la fusión del metal base y la forma del cordón, dependen de las características eléctricas de la soldadura.

Velocidad de avance de soldadura: El calor aportado por la soldadura depende, entre otros, de la velocidad de avance. Así, la velocidad de avance controla la velocidad de enfriamiento, y de ella también dependen la penetración, el ancho, la posibilidad de tener socavación, la forma del cordón y de la sobre monta.

Requerimientos de calificación del soldador: las elevadas exigencias del procedimiento hacen necesario tomar en cuenta requerimiento adicionales en la calificación del soldador.

Diseño de junta y tolerancias: El diseño de la junta de soldadura es altamente dependiente de diversas variables, tales como el proceso de soldadura, el espesor de la junta, la posición de soldadura, la disponibilidad de medios para el movimiento del material, la aptitud de los soldadores para soldar evitando faltas de penetración y faltas de fusión, entre otros.

Preparación de la junta y condiciones de limpieza de sus superficies: Los medios que se dispone para la preparación de la junta facilitan la obtención de las dimensiones adecuadas. La eliminación de restos orgánicos, pinturas, grasas, escorias, óxidos se obtiene por medio de cepillado y uso de solventes.

Detalle de la unión (croquis): El conocimiento de los símbolos en soldadura así como de sus términos, facilitará la lectura de los croquis en cuestión.

Posición, sentido de progreso y técnica de la soldadura: A fin de minimizar las deformaciones, y sobrecalentamientos se determinan estos parámetros.

Temperaturas de precalentamiento entre pasadas y velocidad de enfriamiento: A fin de evitar la aparición de fisuras, se controla el temple de la soldadura; mediante el precalentamiento, se regula la velocidad de enfriamiento. La temperatura de entre pasadas se controla para evitar transformaciones metalúrgicas no deseadas.

Tratamiento de la raíz: La ausencia de defectos en la raíz, tales como falta de fusión, penetración incompleta, oxidación, socavación, entre otros defectos, son evitadas con un amolado posterior y re-soldado. El procedimiento debe indicar la necesidad de estas prácticas, en especial cuando la junta es de exigencias.

Tratamiento térmico posterior: Nos permite realizar un alivio de tensiones residuales si fuera necesario.

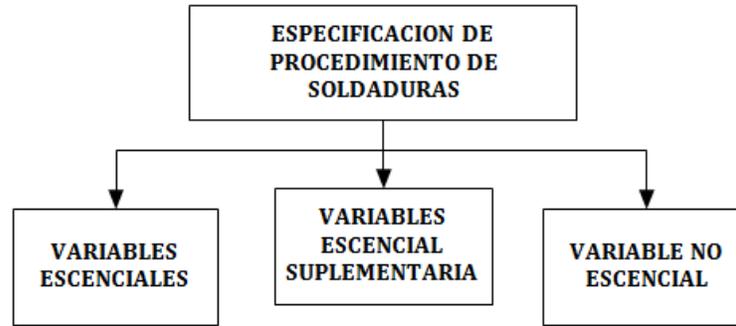
Requisitos de inspección y ensayos: En juntas de mayor exigencia de calidad, se determinan los requisitos de inspección y ensayo, tales como visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido o radiografía, permite tener claro qué se deberá hacer después de soldar.

Procedimiento de reparación de la soldadura: En ocasiones, se deja preestablecido cómo se harán las reparaciones que fueran necesarias, y los motivos de ellos está ligado a las complejidades de las estructuras metalúrgicas de la soldadura a obtener.

Marcado o acuñado: Con la finalidad de permitir el seguimiento de la habilidad del soldador, cada soldador debe dejar identificada la soldadura que realizó.

Registro de soldadura: Este es un documento donde se deja asentado la fecha y hora de realización, el soldador interviniente, la temperatura de precalentamiento y otros parámetros térmicos, los parámetros eléctricos, ensayos realizados y otras variables relevantes del procedimiento. Permite llevar un estricto control de la soldadura y ayuda a evitar defectos.

De estos ítems que conforman las variables de un procedimiento de soldadura **QW-250**, algunos de ellos tienen una mayor incidencia en los resultados de calidad que otros y se distinguen como variables esenciales, esenciales suplementarias y no esenciales, de acuerdo a las distintas normas y/o códigos comúnmente utilizados.



Las **variables esenciales**:

- Con respecto al **procedimiento QW-401.1**: Un cambio en una condición de soldadura afectará las propiedades mecánicas (diferente de tenacidad al impacto) del conjunto de piezas soldadas. (por ejemplo, cambio de Número P, proceso de soldadura, material de aporte, electrodo, precalentamiento o tratamiento térmico después de soldar, etc.).
- Con respecto a la **habilidad QW-401.2**: Un cambio en una condición de soldadura afectará la capacidad de un soldador para depositar metal de soldadura sano (tal como un cambio en proceso de soldar, eliminación de respaldo, electrodo, Número F, técnica, etc.).

La **variable esencial suplementaria (procedimiento) QW-401.3** Un cambio en una condición de soldadura afectará las propiedades de tenacidad al impacto de un conjunto de piezas soldadas. Las variables esenciales suplementarias son una adición a la variable esencial para cada proceso de soldadura.

La **variable no esencial QW-401.4**: Un cambio en una condición de soldadura no afectará las propiedades mecánicas de un conjunto de piezas soldadas (tal como diseño de junta, método de ranurado o limpieza, etc.).

4.2.1.1. Mecánica del desarrollo del procedimiento de soldadura.

El desarrollo del procedimiento de soldadura se realiza según los siguientes pasos:

1. A partir del plano que emite el departamento de diseño, se determinan las distintas juntas que deberán soldarse, los materiales base a soldar, sus espesores y diámetros, si corresponde.
2. El proceso de soldadura a utilizar se define de acuerdo a la disponibilidad de equipamiento del taller y las ventajas y desventajas de las distintas alternativas.

3. El material de aporte se elige de acuerdo al proceso de soldadura, a las propiedades mecánicas y químicas que requiere la junta y las posiciones de soldadura.
4. Se define la posición de soldadura, y el sentido de progreso de la misma.
5. Se define el diseño de la junta, que es una variable relevante para las consideraciones económicas de la soldadura.
6. Se determina la necesidad de precalentamiento, que depende de los espesores de los materiales entre otros aspectos.
7. Se determina la necesidad de tratamiento térmico post soldadura, que se utiliza con la finalidad de reducir las tensiones residuales, evitar deformaciones posteriores, relajar condiciones de templeabilidad, entre otros aspectos.
8. Cuando corresponda, se determina la necesidad de gases de protección que se utilizan en los procesos de soldadura protegidos por gas.
9. Se determinan las características eléctricas de los equipos de soldadura a utilizar (C.D o C.A), la polaridad del electrodo y el voltaje de soldadura.
10. La técnica de soldadura debe describirse a fin de evitar posibles imperfecciones y asegurar la calidad de la soldadura.

Una vez definidas cada una de estas variables, se procede a asentarlas en el documento denominado Especificación de Procedimiento de Soldadura **TABLA 4.**

SAMPLE WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

for SMAW, GMAW, GTAW, FCAW.

Company: _____ Approved by: _____
(Signature Required)
WPS No: _____ Date: _____
WPS Revision No: _____ Rev. Date: _____
Supporting PQR No: _____
Welding Process (es): _____ Type(s): _____
(Manual, Semiautomatic, Automatic, Mechanized)

Joints:

Joint Type: _____
Backing: _____
Backing Material (Type): _____
Groove Angle: _____
Root Opening Radius: U J
Root Face: _____
Back gouging: YES NO
Back gouging method: _____

Joint Details

Sketches, production drawings, welding symbols, or written description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the root details of the weld groove may be specified.

Base Metals:

M-No: _____ Group No: _____ or to M-No: _____ Group No: _____
Specification Type and Grade: _____ to Specification Type and Grade: _____
Thickness Range of Base Metals: _____ Groove: _____ Fillet: _____
Deposited Metal: _____ Groove: _____ Fillet: _____
Pipe Diameter Range: _____ Groove: _____ Fillet: _____
Other: _____

Filler Metals:

Filler Metal F-No: _____ Other: _____
AWS Classification: _____ AWS Specification: _____
Weld Metal Analysis A-No: _____ Other: _____
Filler Metal Size: _____ Electrode Flux (Class): _____
Weld Metal Thickness: _____ Flux Trade Name: _____
Consumable Insert: _____ Other: _____

Positions:

Position(s) Groove: _____
Position(s) Fillet: _____
Weld Progression: _____

Preheat:

Preheat Temperature (Min): _____
Preheat Maintenance: _____
Interpass Temperature (Max): _____
Continuous of Special Heating Maintenance: _____

PWHT:

Temperature: _____
Time: _____

TABLA 4. Ejemplo de una Especificación de Procedimiento de Soldadura.

Shielding:

	Torch Shielding	Root Shielding	Trailing	Environmental Shielding
Gas(es)				
Composition				
Flow Rate				

Electrical Characteristics:

Current Type/Polarity: _____
 Pulsing: YES NO
 Current (Range): _____
 Voltage (Range): _____
 Wire Feed Speed (Range): _____
 Tungsten Electrode Size/Type: _____
 Pulsing Parameters: _____
 Transfer Mode: _____
 Other: _____

Other Variables:

Cup or Nozzle Size: _____
 Collet Body or Glass Lens
 Cleaning Method: _____
 Technique: Stringer or Weave Bead
 Cleaning Method: _____
 Number of Electrodes: _____
 Single or Multipass
 Contact Tip to work distance: _____
 Other: _____

Welding Parameters

Layers	Process	Filler Metal		Electrical			Travel Speed Range
		Class	Diameter	Type and Polarity	Current Range	Voltage Range	

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of AWS B2.1/B2.1M, (____), Specification for Welding Procedure and Performance Qualification.
 (Year)

Manufacturer or contractor: _____
 Date _____ By _____ (Please Print) _____ (Signature Required)

Permission to reproduce granted by the American Welding Society.

TABLA 4 (CONTINUACION). Ejemplo de una Especificación de Procedimiento de Soldadura.

4.2.2. Formato de Registro de Calificación de Procedimientos (PQR).

La capacidad del procedimiento **WPS** para lograr la propiedades mecánicas y eventualmente químicas de la soldadura se determina mediante la calificación, esta consiste en realizar en una muestra del material una prueba de la soldadura aplicando las variables preestablecidas y luego realizarle ensayos no destructivos, ensayos mecánicos, exámenes metalúrgicos y ensayos químicos (cuando corresponda) para verificar que las variables utilizadas **TABLA 5** dan como resultado propiedades mecánicas, metalúrgicas y químicas compatibles con los requerimientos del diseño; es decir se verifica que las variables esenciales cumplan con lo requerido y establecido por el fabricante; los resultados son registrados en el formato **PQR**.

**VARIABLES DE SOLDADURA QW-253
SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODOS REVESTIDOS SMAW**

PARAGRAFOS	RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES	ESENCIALES SUPLEMENTARIAS	NO ESENCIALES
QW-402 JUNTAS	.1	ϕ en el diseño de ranura		X
	.4	- Respaldo		X
	.10	ϕ en la Separación de raíz		X
	.11	+/- Retenedores		X
QW-403 METAL BASE	.5	ϕ en el Número de grupo		X
	.6	T Impactos limites		X
	.8	ϕ en el T calificado	X	
	.9	t pase > 1/2" (13mm)	X	
	.11	ϕ en el No- P Calificado	X	
	.13	ϕ de No- P 5/9/10	X	
QW-404 Metal de Relleno	.4	ϕ de Numero - F	X	
	.5	ϕ de Numero - A	X	
	.6	ϕ de diámetro		X
	.7	ϕ de diámetro > de 1/4"		X
	.12	ϕ en la Clasificación		X
	.30	ϕ de t	X	
	.33	ϕ en la Clasificación		X
QW-405 POSICION	.1	+ Posición		X
	.2	ϕ en la Posición		X
	.3	ϕ \uparrow \downarrow Soldadura vertical		X
QW-406 PRECALENTAMI- ENTO	.1	Disminución > de 100°F	X	
	.2	ϕ en el Mantenimiento del precalentamiento		X
	.3	Aumento > 100°F (IP)		X

TABLA 5. Variables de soldadura a tomar en cuenta en el proceso SMAW

QW-407 PWHT	.1	ϕ en el PWHT	X		
	.2	ϕ de PWHT (T y rango de T)		X	
	.4	T Limite	X		
QW-409 CARACTERISTICAS ELECTRICAS	.1	> Entrada de calor		X	
	.4	ϕ de Corriente o polaridad		X	X
	.8	ϕ en el Rango de intensidad y voltaje			X
QW-410 TECNICA	.1	ϕ de Recto/ ondulado			X
	.5	ϕ del Método de limpieza			X
	.6	ϕ del Método de ranurar atrás			X
	.9	ϕ Pase/lado simple multiple		X	X
	.25	ϕ de Manual o automatico			X
	.26	+/- Martillado			
	.64	Uso de proceso térmico	X		

TABLA 5 (CONTINUACION). Variables se soldadura a tomar en cuenta en el proceso SMAW.

4.3. ARTÍCULO III — CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO O HABILIDAD DE SOLDADURA QW-300.

El objetivo principal de la calificación de un soldador es demostrar que éste tiene la capacidad y habilidad para ejecutar una soldadura en determinada posición y acorde a unas especificaciones dadas en el procedimiento de soldadura estipulado para una aplicación requerida.

Para la calificación de soldadores y operarios de soldadura es fundamental la definición de variables **FIGURA 4.5** que permitan cumplir con lo especificado en el procedimiento entre las cuales se encuentran: la posición de soldadura, la configuración de la junta, el tipo y tamaño del electrodo, el proceso de soldadura, el tipo de metal base, el espesor del metal base y la técnica específica de soldadura.

La secuencia general para la calificación de un soldador es la siguiente:

- i.** Identificar las necesidades de calificación de soldador en cuanto a: Proceso o procesos de soldadura, posiciones de soldadura, materiales base, rango de espesores y diámetros calificados, tipos de juntas, entre otros.
- ii.** Identificar e interpretar el procedimiento de soldadura especificado para la calificación.
- iii.** Identificar las variables esenciales.
- iv.** Verificar que el equipo de soldadura, los materiales base y de aporte sean los requeridos y estén en condiciones óptimas de trabajo

- v. Verificar que la probeta de prueba cumpla con los requerimientos dimensionales y de forma especificados en el código para la calificación del soldador.
- vi. Inspeccionar el desarrollo de la soldadura para asegurar que cumple con el procedimiento de soldadura especificado para la calificación.
- vii. Seleccionar y aplicar los ensayos requeridos para evaluar las probetas soldadas, pruebas destructivas o no destructivas, teniendo en cuenta especificaciones de los códigos, ventajas y limitaciones del método de inspección, estándares de aceptación, y costo.
- viii. Elaborar el documento de calificación de la habilidad del soldador, el cual puede ser diseñado de acuerdo con **QW - 484**

Los anteriores lineamientos son de exclusiva responsabilidad del ingeniero o inspector certificado.

QW-353
SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODOS REVESTIDOS (SMAW)
VARIABLES ESENCIALES

PARAGRAFO		RESUMEN DE VARIABLES
QW-402 Juntas	.4	— Respaldo
QW-403 Metales base	.16	ϕ del Diámetro de tubo
	.18	ϕ en el Numero - P
QW-404 Metales de relleno	.15	ϕ en el Numero - F
	.30	ϕ en el Deposito de soldadura t
QW-405 Posiciones	.1	+ Posición
	.3	ϕ \uparrow \downarrow Soldadura Vertical

LEYENDA: + Adición > Aumentar/mayor que \uparrow Ascendente \leftarrow A izquierdas ϕ Cambio
 — Eliminación < Disminuir/ menor que \downarrow Descendente \rightarrow A derechas

FIGURA 4.5. VARIABLES ESENCIALES PARA LA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES SEGÚN ASME IX.

4.4. Pasos para la fabricación de un elemento soldado. FIGURA 4.6

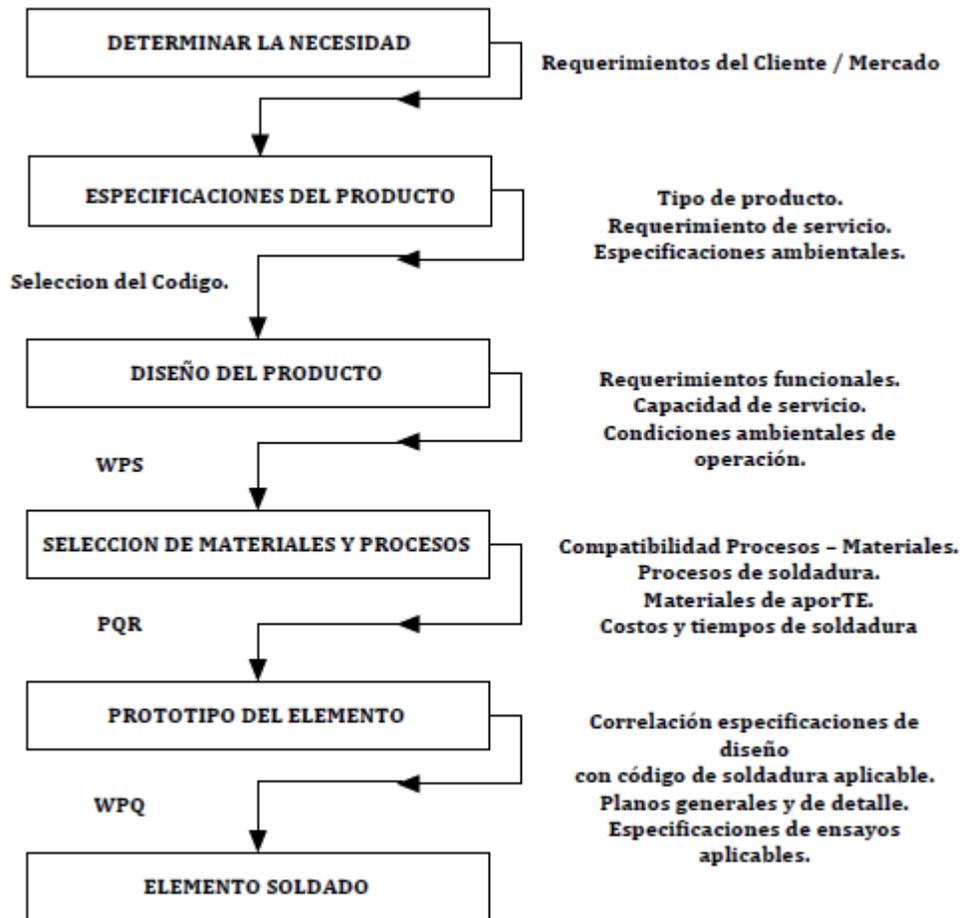


FIGURA 4.6. DIAGRAMA PARA LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS SOLDADOS.

- 1) Se determina la fabricación de un producto a partir de la necesidad de un cliente o un mercado en concreto.
- 2) Especificaciones del producto: ¿Hacia qué sector industria va dirigido el producto? Construcción, Calderas, Hogar, entre otros. Una vez definido lo anterior se podrá seleccionar el código aplicable para la necesidad en cuestión.
- 3) Diseño del producto: En esta parte se determinan las solicitaciones mecánicas y químicas del elemento o producto, capacidades de servicio y las condiciones ambientales a las cuales estará sometido el elemento.

- 4) Selección de los materiales y procesos: Este apartado junto con el anterior va dirigido a cumplir las variables esenciales y esenciales suplementarias que podría solicitar la aplicación para cumplir las necesidades del elemento. Se elabora la WPS preliminar.
- 5) Prototipo del elemento: La WPS es validada a través de los ensayos aplicables conforme al código en cuestión y posteriormente se registra en la PQR, en caso de que las variables no sean las idóneas para cumplir las solicitudes requeridas por el cliente (propiedades mecánicas y afines para aplicación) se realiza una revalidación de la WPS.
- 6) Elemento soldado: Una vez validada la WPS y sustentada por la PQR se procede a evaluar o calificar al soldador cuyo trabajo será obtener el producto o elemento soldado conforme al WPS.

PRACTICA 2 DE 5

PARTE 1

- Elaboración de una WPS para la calificación de soldadores con base en el código ASME sección IX. En la posición 1G.

MATERIALES:

- Código ASME sección IX: Calificación de Procedimientos de Soldadura.

1. ELABORACION DE UNA WPS PARA LA CALIFICACION DE SOLDADORES CON BASE EN EL CODIGO ASME SECCION IX.

Objetivo: Que el alumno, mediante el uso básico del código ASME secc. IX, visualice la función de las normas y códigos que rigen la especialidad de la soldadura industrial y que ello sirva como un referente para la obtención de buenas prácticas dentro de la especialidad.

Que el alumno, mediante el uso del código AMSE sección IX elabore una WPS simulando la calificación de soldadores y la aplicación de soldadura en la posición 1G.

Marco Teórico/Conocimientos:

- i. Código AMSE sección IX: Estructura.
- ii. ¿Qué es una WPS y cómo elaborarlo?

Desarrollo/Desempeños:

1. Elaboración del WPS:

QW-200.1 (c). Para la elaboración de la WPS se utilizara el formato guía sugerido por ASME Sec. IX en el apartado **QW-482**, el cual incluye los datos requeridos para el proceso SMAW. La elaboración de la WPS se hará bloque por bloque, para tener una mayor comprensión.

- **Bloque 1: Datos Generales del WPS**

El primer **Bloque 1** del formato WPS corresponde a los datos generales, es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos: **i) mencionar el nombre de la compañía. ii) verificar que el número de identificación, tanto de la WPS como PQR que sustenta, no sean duplicados. iii) que se**

mencione el código que se emplea en la elaboración de la WPS. **iv)** el número de revisión de la WPS. Todo lo anterior se realiza con el objetivo de evitar pérdida de tiempo o confusiones durante la producción. **FIGURA 4.7.**

	<p>QW-482 FORMATO SUGERIDO PARA ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</p> <p>(Ver QW-200.1, Sección IX, ASME)</p>	
<p>Nombre de la Compañía: <u>FI-UNAM</u> Por: <u>Navarrete Posadas José Rodrigo</u></p> <p>WPS No: <u>WPS-01</u> Fecha: _____ No(s) de PQR que sustenta(n): <u>PQR-01</u></p> <p>Revision No: _____ Fecha: _____</p> <p>Proceso de Soldadura: <u>SMAW</u> Tipo: <u>Manual</u></p>		

FIGURA 4.7. DATOS GENERALES DEL WPS, FORMATO QW-482, ASME SEC. IX.

- **Bloque 2. Juntas (QW-402).**

El siguiente **Bloque 2** del formato WPS corresponde a lo referente a la **Junta QW-402**; en cuanto a la selección de diseño de la unión, en el apartado **QW-310.3 Soldadura de Ranura sin Respaldo** se establece que las dimensiones del cupón de ensayo de soldadura de ranura sin respaldo para la calificación de soldadura de ranura, serán las mismas como las indicadas en el WPS del fabricante o en su defecto como las mostradas en **QW-469.2 Junta a tope Alterna**. **FIGURA 4.8.**

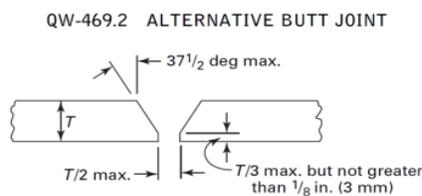


FIGURA 4.8. JUNTA A TOPE ALTERNA QW-469.2, ASME SEC. IX.

En lo correspondiente al diseño de la unión, se selecciona una junta a tope ranura en “V” sencilla. El espesor de la placa es de 3/8”; **QW-451 Límites de Espesores y Muestras de ensayos para Calificación de Procedimientos** refiere a **QW-451.1 ver TABLA 6**; **QW-452 Muestras de ensayos y Límites de Espesor para la calificación de habilidades** refiere a **QW-452.1(a) ver TABLA 7**; siendo $T=3/8"$, la abertura de raíz será de $1/8" + 1/16"$ sin respaldo, cumpliendo con lo

especificado en **QW-469.2** para el máximo de abertura de raíz $T/2$ máx., **FIGURA 2**. La cara de raíz será de $3/32$ " + $1/32$ ", cumpliendo con lo especificado en **QW-469.2** para la altura máxima $T/3$ pero no mayor a $1/8$ ". **FIGURA 2**. Y el ángulo de ranura es de $35^\circ + 2^\circ$. Lo anterior se muestra en **DETALLES, JUNTAS (QW-402). FIGURA 4.9**.

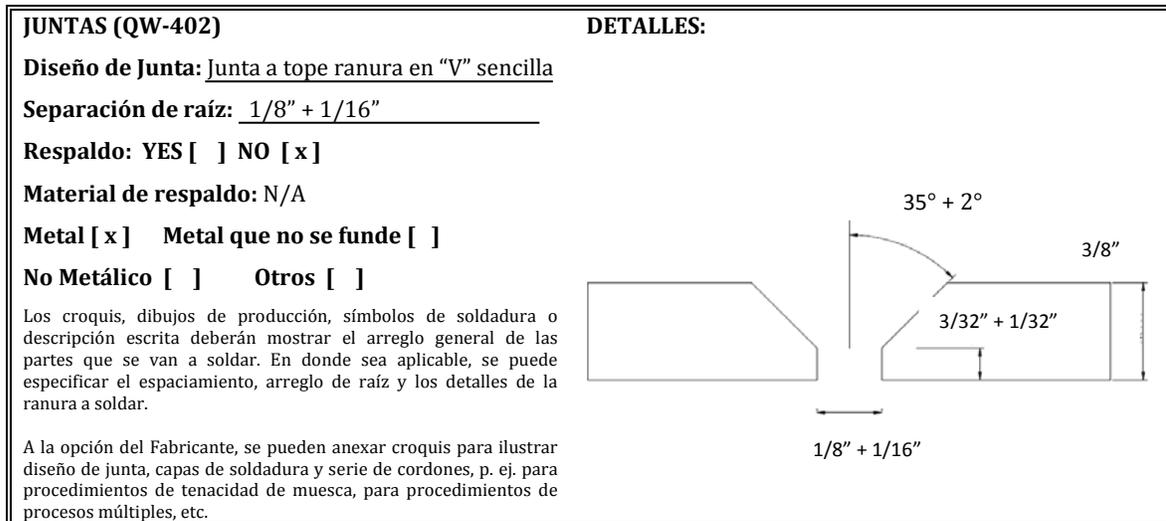


FIGURA 4.9. JUNTAS QW-402, ASME SEC. IX.

QW-450 MUESTRAS								
QW-451 Límites de Espesores y Muestras de Ensayos para Calificación de Procedimientos								
QW-451.1								
ENSAYOS DE TRACCIÓN Y DOBLEZ TRANSVERSAL DE SOLDADURAS DE RANURA								
Espesor T del Cupón de Ensayo, Soldado pulg. (mm)	Rango de Espesor T de Metal Base, Calificado, pulg. (mm) (Nota 1 y 2)		Espesor Máximo t de Metal de Soldadura Depositado, Calificado, pulg. (mm) Nota 1 y 2	Tipo y Números de Ensayos Requeridos (Tracción y Doblez Guiado) Nota (2)				
	Min	Max		Tracción QW-150	Lado QW-160	Cara QW-160	Raíz QW-160	
Menor de $1/16$ "	T	2T	2t	2	-----	2	2	
(1.5) $1/16$ " a $3/8$ " (10) incluido	$1/16$ " (1.5)	2T	2t	2	Nota (5)	2	2	
Sobre $3/8$ " (10) pero < de	$3/16$ " (5)	2T	2t	2	Nota (5)	2	2	

TABLA 6. QW-451 Límites de Espesores y Muestras de ensayos para Calificación de Procedimientos.

QW-452.1(a)
MUESTRAS DE ENSAYOS

Espesor de Metal de Soldadura, Pulgs. (mm)	Tipo y Numero de Examinaciones y Muestras de Ensayos Requeridos			
	Examinación Visual Por QW-302.4	Doble de Lado QW-462.2 (Nota 1)	Doble de Cara QW-462.3(a) o QW-462.3(b) (Notas 1 y 2)	Doble de Raíz QW-462.3(a) o QW-462.3(b) (Notas 1 y 2)
Menos de 3/8" (10)	x	-----	1	1
3/8" a menos de 3/4" (19)	x	2 (Nota 3)	(Nota 3)	(Nota 3)
3/4" (19) Y mayores	x	2	-----	-----

TABLA 7. QW-452.1(a). Límites de Espesores y Muestras de ensayos para Calificación de Procedimientos.

▪ **Bloque 3. Metal Base (QW-403).**

El siguiente **Bloque 3** es referente al metal base, en el apartado **QW-403** se menciona que al metal base se le asigna un numero-P, que se describe en la tabla del apartado **QW/QB-422. TABLA 8.**

98

QW/QB-422 NUMEROS P- Y NUMEROS S-FERROSOS
Agrupamiento de Metales Base para Calificación

No. Espec.	Tipo o Grado	No. UNS	Tensión Mínima Especificada, klb/pulg ²	Soldadura				Soldadura Fuerte		Composición Nominal	Forma de Producto
				No. P-	No. de Grupo	No. S-	No. de Grupo	No. P-	No. S-		
SA-36	...	K02600	58	1	1	...	...	101	...	C-Mn-Si	Placa, barra y perfiles
SA-53	Tipo F	...	48	1	1	...	...	101	...	C	Tubo C soldadura en horno
SA-53	Tipo S. Gr. A	K02504	48	1	1	...	...	101	...	C	Tubo C s/c

TABLA 8. QW/QB-422 Numero-P para Materiales Ferrosos y No Ferrosos.

El material base que se selecciona para la calificación de habilidades es un acero A36 y con base en la **TABLA 8**, se procede a realizar el llenado de la sección **QW-403 Metal Base** como sigue, **FIGURA 4.10:**

METAL BASE QW-403		
No. P. <u>1</u>	No. Grupo. <u>1</u>	a No. P. <u>1</u> No. Grupo. <u>1</u>
0		
Especificación y Tipo/Grado o No. UNS: <u>K02600</u>		
a Especificación y Tipo/Grado o No. UNS: <u>K02600</u>		
0		
Análisis Quím. y Prop. Mec. <u>Composición Nominal C-Mn-Si. Tensión Mínima Especificada 58000 Psi</u>		
a Análisis Quím. y Prop. Mec. <u>Composición Nominal C-Mn-Si. Tensión Mínima Especificada 58000 Psi</u>		
Rango de Espesores: (1/16 – 3/4)”		
Metal Base: 3/8”	Ranura: Sencilla en “V”	Filete: N/A
Otros: N/A		

FIGURA 4.10. METAL BASE QW-403.

Con base en la **TABLA 8** el número-P correspondiente al acero A-36 es “uno” y pertenece al grupo número “uno”, el número UNS asignado es el K02600. La composición química es C-Mn-Si y la resistencia mínima a la tracción es de 58000 psi.

Para los rangos de espesores, los límites de espesores para calificación de procedimientos se puede visualizar en **QW-451**, los límites de espesores para calificación de habilidades se visualiza en **QW-452**, por lo cual se elige un espesor de 3/8” conforme a **QW-452**.

▪ **Bloque 4. Metal de Aporte (QW-404).**

El siguiente **Bloque 4**, corresponde a los datos del *Metal de Aporte QW-404*. **FIGURA 4.11**. Se tiene que asignar un grupo de numero-F mencionado en el apartado **QW-430** y descrito en **QW-432**, **TABLA 9**.

METAL DE APORTE QW-404.	1	2
No. Espec. (SFA).	SFA 5.1	SFA 5.1
No. AWS (Clase).	E6010	E7018
No. F.	3	4
No. A.	1	1
Tamaño de Metales de Aporte.	1/8”	1/8”
Metales de Soldadura		
Orden de espesores		
Ranura:	3/8”	
Filete:	N/A	
Fundente de Electrodo (Clase).	N/A	
Nombre Comercial del Fundente.	N/A	
Met. Inserto Consumible.	N/A	
Otros.	N/A	

FIGURA 4.11. METAL DE APORTE QW-404.

QW-432
NUMEROS-F
Agrupamiento de Electroodos y de Varillas de Soldar para Calificación

QW	No. F	No. de Especificación ASME	No. de Clasificación AWS
Acero y Aleaciones de Acero			
432.1	1	SFA-5.1 & 5.5	EXX20, EXX22, EXX24, EXX27, EXX28
	1	SFA-5.4	EXX25, EXX26
	2	SFA-5.1 & 5.5	EXX12, EXX13, EXX14, EXX19
	3	SFA-5.1 & 5.5	EXX10, EXX11
	4	SFA-5.1 & 5.5	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48
	4	SFA-5.4 que no sea austenítico y doble	EXX15, EXX16, EXX17

TABLA 9. QW-432/QW-432.1. Agrupamiento de Electroodos y de Varillas de Soldar para Calificación.

QW-442 A-NUMBERS Classification of Ferrous Weld Metal Analysis for Procedure Qualification							
A-No.	Types of Weld Deposit	Analysis, % [Note (1)]					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Mild Steel	0.20	...	...	...	1.60	1.00
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.50	0.40-0.65	...	1.60	1.00
3	Chrome (0.4% to 2%)–Molybdenum	0.15	0.40-2.00	0.40-0.65	...	1.60	1.00
4	Chrome (2% to 4%)–Molybdenum	0.15	2.00-4.00	0.40-1.50	...	1.60	2.00
5	Chrome (4% to 10.5%)–Molybdenum	0.15	4.00-10.50	0.40-1.50	...	1.20	2.00

TABLA 10. Numero-A. Clasificación del análisis Metales soldados ferrosos para Calificación de Procedimientos.

El acero A-36, normada por ASTM, es un acero con aplicaciones estructurales y de fácil soldabilidad; de acuerdo a los códigos *AWS 5.1 Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding* y la *AWS D1.1:2000 Structural Welding Code-Steel* el uso de los electrodos E6010 y E7018 son recomendados para el soldeo de este acero A-36 y para la calificación de habilidades del soldador. Así pues, con base en la **TABLA 9** y **10** se procede a llenar el apartado de *Metal de Aporte QW-404*. Ver **FIGURA 4.11**.

- **Bloque 5. Posición (QW-405), Tratamiento térmico Posterior a la Soldadura (QW-407), Pre calentamiento (QW-406), Gas (QW-408).**

En este **Bloque 5 FIGURA 4.13** hay cuatro aspectos a considerar: i) La posición **QW-405**, para este ejercicio se elegirá la posición plana 1G **FIGURA 4.12** conforme al apartado **QW-461.3(c)**, lo anterior debido a que es la posición más sencilla de realizar para los propósitos de esta tesis.

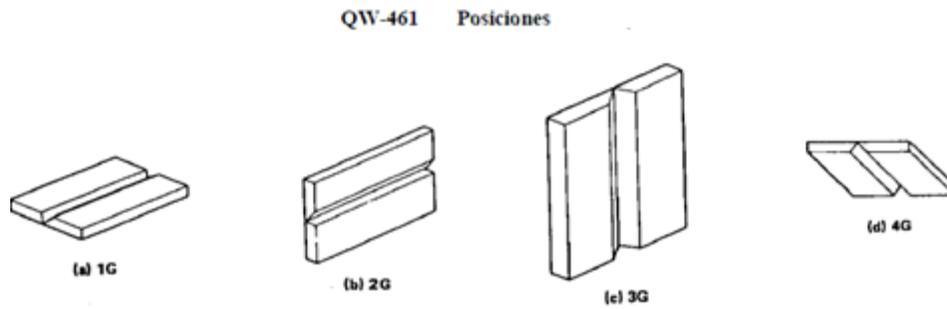


FIGURA 4.12. QW-461.3 POSICIONES EN SOLDADURA DE RANURA. (A) POSICIÓN 1G.

ii) Tratamiento térmico posterior a la soldadura **QW-406**, este aspecto no es necesario para esta aplicación en concreto. ii) Pre calentamiento **QW-406**, no aplica para esta aplicación, con la temperatura ambiente es suficiente. iii) Gas **QW-408** este proceso no usa gas de protección, así que igualmente no aplica.

POSICIONES QW-405 Posiciones de Ranura. 1G Plana Progresión de Soldadura. P.Arriba. Vertical P.Abajo. Posiciones de Filete. N/A	TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA QW-407 Orden de Temperaturas. N/A Orden de Tiempos. N/A																
PRECALENTAMIENTO QW-406 Temp. Pre calentamiento Min. N/A Temp. Pre calentamiento Max. N/A Pre calentamiento de Mantto. N/A (Calentamiento continuo o especial donde sea aplicable se deberá registrar)	GAS QW-408 Composición en por ciento <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gases</th> <th>Mezcla</th> <th>Gasto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Arrastre</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </tbody> </table>		Gases	Mezcla	Gasto	Protección	N/A	N/A	N/A	Arrastre	N/A	N/A	N/A	Respaldo	N/A	N/A	N/A
	Gases	Mezcla	Gasto														
Protección	N/A	N/A	N/A														
Arrastre	N/A	N/A	N/A														
Respaldo	N/A	N/A	N/A														

Figura 4.13. Bloque 5. QW-405/QW-406/QW-407/QW-408.

▪ **Bloque 6. Características Eléctricas (QW-409).**

El siguiente **Bloque 6, FIGURA 4.14**, corresponde a las características eléctricas **QW-409**, las cuales corresponden a las particularidades de los electrodos E6010 y E7018. **TABLA 11.**

CARACTERISTICAS ELECTRICAS QW-409								
Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Volts	Velocidad de Avance	Otros
		Clase	Diámetro	Polaridad	Amps.			
1ra	SMAW	E6010	1/8"	DCEP	75-120	-	-	-
2da - N	SMAW	E7018	1/8"	DCEP	90-140	-	-	-

FIGURA 4.14. BLOQUE 6. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS QW-409

AWS Classification	Type of Covering	Welding Position ^a	Type of Current ^b
E6010	High cellulose sodium	F, V, OH, H	dcep
E6011	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E6012	High titania sodium	F, V, OH, H	ac or dcep
E6013	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep or dcep
E6019	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H,	ac, dcep or dcep
E6020	High iron oxide	{ H-fillets F	ac or dcep ac, dcep or dcep
E6022 ^c	High iron oxide	F, H	ac or dcep
E6027	High iron oxide, iron powder	{ H-fillets F	ac or dcep ac, dcep or dcep
E7014	Iron powder, titania	F, V, OH, H	ac, dcep or dcep
E7015 ^d	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	dcep
E7016 ^d	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018 ^d	Low hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep

TABLA 11. Clasificación de los Electrodo, AWS 5.1.

Conforme a lo anterior, tenemos que el primer cordón, el cordón de raíz, se hará con el electrodo E6010 de 1/8" corriente directa y electrodo al positivo, aproximadamente 75 a 120 amperes; para los demás cordones, relleno y vista, se realizarán con el E7018 de 1/8" corriente directa y electrodo al positivo, aproximadamente 90-140 amperes. Se utilizara una máquina de corriente continua.

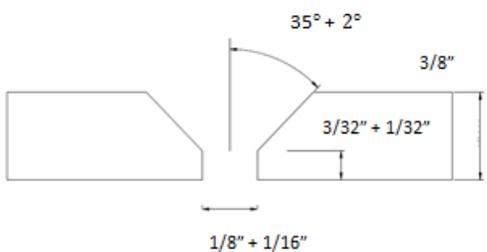
- **Bloque 7. Técnica (QW-410).**

Este último **Bloque 7** corresponde a la técnica durante el soldeo, el tipo de limpieza que se realizara entre pasos, entre otros detalles inherentes al proceso. **FIGURA 4.15.**

TECNICA QW-410	
Mov. Long. O Mov de vaivén.	Ambos permitidos
Tamaño de Orificio o Taza de Gas.	N/A
Limpieza inicial y entre pasos.	Si, Limpieza por esmeril, carda, cepillo, etc.
Método de cincelado posterior.	Saneado (Esmeril)
Oscilación.	Permitido
Tubo de contacto a distancia de trabajo.	N/A
Paso múltiple o simple.	Múltiples
Electrodos múltiples o simples.	E6010 1er cordón, E7018 2do a N
Velocidad de avance.	A consideración.
Martillado.	N/A
Otros.	

FIGURA 4.15. BLOQUE 6. TÉCNICA QW-410.

De manera que nuestra **WPS** queda de la siguiente forma, **FIGURA 4.16:**

	<p>QW-482 FORMATO SUGERIDO PARA ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</p> <p>(Ver QW-200.1, Sección IX, ASME)</p>	
<p>Nombre de la Compañía: <u>FI-UNAM</u> Por: <u>Navarrete Posadas José Rodrigo</u></p> <p>WPS No: <u>WPS-01</u> Fecha: _____ No(s) de PQR que sustenta(n): <u>PQR-01</u></p> <p>Revision No: _____ Fecha: _____</p> <p>Proceso de Soldadura: <u>SMAW</u> Tipo: <u>Manual</u></p>		
<p>JUNTAS (QW-402)</p> <p>Diseño de Junta: <u>Junta a tope ranura en "V" sencilla</u></p> <p>Separación de raíz: <u>1/8" + 1/16"</u></p> <p>Respaldo: YES [] NO [x]</p> <p>Material de respaldo: N/A</p> <p>Metal [x] Metal que no se funde []</p> <p>No Metálico [] Otros []</p> <p>Los croquis, dibujos de producción, símbolos de soldadura o descripción escrita deberán mostrar el arreglo general de las partes que se van a soldar. En donde sea aplicable, se puede especificar el espaciamiento, arreglo de raíz y los detalles de la ranura a soldar.</p> <p>A la opción del Fabricante, se pueden anexar croquis para ilustrar diseño de junta, capas de soldadura y serie de cordones, p. ej. para procedimientos de tenacidad de muesca, para procedimientos de procesos múltiples, etc.</p>	<p>DETALLES:</p> 	
<p>METAL BASE QW-403</p> <p>No. P. <u>1</u> No. Grupo. <u>1</u> a No. P. <u>1</u> No. Grupo. <u>1</u></p> <p>Especificación y Tipo/Grado o No. UNS: <u>K02600</u></p> <p>a Especificación y Tipo/Grado o No. UNS: K02600</p> <p style="text-align: center;">O</p> <p>Análisis Quím. y Prop. Mec. <u>Composición Nominal C-Mn-Si. Tensión Mínima Especificada 58000 psi</u></p> <p>a Análisis Quím. y Prop. Mec. <u>Composición Nominal C-Mn-Si. Tensión Mínima Especificada 58000 psi</u></p> <p>Rango de Espesores: <u>(1/16 - 3/4)"</u></p> <p>Metal Base: <u>3/8"</u> Ranura: Sencilla en "V" Filete: N/A</p> <p>Otros: N/A</p>		
<p>METAL DE APORTE QW-404.</p> <p>No. Espec. (SFA).</p> <p>No. AWS (Clase).</p> <p>No. F.</p> <p>No. A.</p> <p>Tamaño de Metales de Aporte.</p>	<p>1</p> <p>SFA 5.1</p> <p>E6010</p> <p>3</p> <p>1</p> <p>1/8"</p>	<p>2</p> <p>SFA 5.1</p> <p>E7018</p> <p>4</p> <p>1</p> <p>1/8"</p>

Metales de Soldadura Orden de espesores Ranura: 3/8" Filete: N/A Fundente de Electrodo (Clase). N/A Nombre Comercial del Fundente. N/A Met. Inserto Consumible. N/A Otros. N/A																								
POSICIONES QW-405 Posiciones de Ranura. 1G Plana Progresión de Soldadura. P.Arriba. Vertical P.Abajo. Posiciones de Filete. N/A				TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA QW-407 Orden de Temperaturas. N/A Orden de Tiempos. N/A																				
PRECALENTAMIENTO QW-406 Temp. Pre calentamiento Min. N/A Temp. Pre calentamiento Max. N/A Pre calentamiento de Mantto. N/A (Calentamiento continuo o especial donde sea aplicable se deberá registrar)				GAS QW-408 Composición en por ciento <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gases</th> <th>Mezcla</th> <th>Gasto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Arrastre</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> </tbody> </table>						Gases	Mezcla	Gasto	Protección	N/A	N/A	N/A	Arrastre	N/A	N/A	N/A	Respaldo	N/A	N/A	N/A
	Gases	Mezcla	Gasto																					
Protección	N/A	N/A	N/A																					
Arrastre	N/A	N/A	N/A																					
Respaldo	N/A	N/A	N/A																					
CARACTERISTICAS ELECTRICAS QW-409																								
Capas de Soldadura	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Volts	Velocidad de Avance	Otros																
		Clase	Diámetro	Polaridad	Amps.																			
1ra	SMAW	E6010	1/8"	DCEP	75-120	-	-	-																
2da - N	SMAW	E7018	1/8"	DCEP	90-140	-	-	-																
TECNICA QW-410 Mov. Long. O Mov de vaivén. Ambos permitidos Tamaño de Orificio o Taza de Gas. N/A Limpieza inicial y entre pasos. Si, Limpieza por esmeril, carda, cepillo, etc. Método de cincelado posterior. Saneado (Esmeril) Oscilación. Permitido Tubo de contacto a distancia de trabajo. N/A Paso múltiple o simple. Múltiples Electrodos múltiples o simples. E6010 1er cordón, E7018 2do a N Velocidad de avance. A consideración. Martillado. N/A Otros.																								

FIGURA 4.16. WPS FINAL.

- Corte de placa de acero A36 mediante el proceso OFC.

MATERIALES:

- Portar equipo de protección de seguridad personal: Gorra, ropa de mezclilla, gamuza y/o algodón, guantes de gamuza o carnaza, lentes de seguridad claros, zapatos industriales, careta para soldar con el filtro Núm. 12.
- Equipo de oxicorte, gas acetileno y oxígeno.
- Placa de acero de bajo contenido de carbono A36 de 3/8" de espesor.
- Herramientas: pinzas de mecánico, pinzas posicionadoras, flexómetro.

1. CORTE DE PLACA DE ACERO A36 MEDIANTE EL PROCESO DE OFC.

Objetivo: Que el alumno aprenda a operar el equipo de oxicorte de manera adecuada y segura.

Desarrollo/ Desempeño:

1. Coloca el equipo de oxicorte:
 - Compruebe que los cilindros están sujetos con una cadena de seguridad, estén colocados de manera vertical y estén a una distancia de trabajo de 5 a 10 metros.
 - Presente las mangueras según los colores asignados por tipo de gas: verde para oxígeno y rojo para acetileno.
 - Teniendo las mangueras de oxígeno y acetileno colocadas al regulador y al soplete para cortar.
 - Usar el número de boquilla de corte, correspondiente al espesor de la placa a cortar.
 - Revisar que las válvulas de apertura y cierre no están dañadas y sean fáciles de abrir.
 - Asegúrese de que las mangueras de acetileno estén libres de roturas, sean rojas y tengan conexiones con rosca izquierda; las mangueras de oxígeno estén libres de roturas, sean de color verde y tengan conexiones con rosca derecha.
 - Revise que los tornillos de ajuste de los reguladores no presenten golpes o estén dañadas sus cuerdas.
 - Compruebe que los manómetros tengan las micas completas y visibles, y que las agujas no se encuentren flojas o sueltas,

- Revise que los bloqueadores de retroceso de flama en ambos cilindros, cuenten con válvula “check” unidireccional y con las conexiones aseguradas.
- Verifique que los reductores de presión estén provistos de dos manómetros, uno que indica la presión del contenido del cilindro, y el otro, la presión de trabajo, y que ambos se encuentren en condiciones de uso.
- Sitúe las válvulas de los cilindros de oxígeno y acetileno de forma que sus bocas de salida apunten en direcciones opuestas.
- Evite que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos.
- Evite que las mangueras atraviesen vías de circulación de vehículos o personas.

2. Instalación del equipo de oxicorte:

- Abra y cierre la válvula de cada uno de los cilindros durante un segundo, con el fin de eliminar impurezas que se quedan en la válvula.
- Coloque los reguladores y manómetros correspondientes a cada tipo de gas, con las manos libres de grasa y aceite y apretando las tuercas con una llave española.
- Coloque los bloqueadores unidireccionales a ambos cilindros, y las válvulas check a la manguera en el regulador o soplete.
- Ponga la manguera roja con rosca izquierda al regulador de gas acetileno, y la verde, con rosca derecha, al regulador de oxígeno.
- Ponga al soplete la boquilla apropiada, de acuerdo al espesor del material a cortar, con llave de conexiones.

3. Verifica el estado de seguridad del soplete:

- Ubíquese a un lado del regulador del oxígeno y aflojando el tornillo de ajuste de presión, abriendo lentamente y de manera completa la válvula de cilindro de oxígeno.
- Ubíquese a un lado del regulador del acetileno y aflojando el tornillo de ajuste de presión, abriendo lentamente a un cuarto de vuelta la válvula del cilindro de acetileno.
- Abra la válvula del oxígeno del soplete apuntando lejos de cualquier fuente de ignición, incluyendo los cilindros; girando lentamente el tornillo ajustador de presión para que permita el paso de oxígeno suficiente, hasta que se logre purgar la manguera.

- Abra la válvula del acetileno del soplete apuntando lejos de cualquier fuente de ignición, incluyendo los cilindros; girando lentamente el tornillo ajustador de presión para que permita el paso de gas suficiente, hasta que se logre purgar la manguera.
- Purgue los reguladores de presión con las válvulas abiertas del soplete y aplicando una solución jabonosa, detectando que no existen fugas en las conexiones de la válvula del cilindro y del soplete.

4. Opera el equipo de oxicorte:

- Libere la presión de los reguladores de oxígeno y acetileno, aflojando los tornillos de ajuste o mariposas.
- Abra lentamente la válvula del tanque de acetileno a 1/4 de vuelta y seleccionando la presión recomendada de acuerdo a tabla de presiones (generalmente con relación 1:4).
- Abra lentamente la válvula del tanque de oxígeno, completamente y seleccionando la presión recomendada de acuerdo a tabla de presiones, (generalmente con relación 1:4).
- Abra la válvula de gas acetileno lo suficiente para que escape una cantidad mínima de gas,
- Encienda el soplete utilizando encendedor de fricción de cazuela “chispa”,
- Abra la válvula de oxígeno lentamente hasta lograr una mezcla de ambos gases, obteniendo una flama neutra.
- Evite que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre los cilindros, mangueras o líquidos inflamables.
- Realice el corte de las placas de acero A36, precalentando el material y posteriormente abrir la palanca de oxígeno para realizar el corte.
- Realice el corte de las placas con dimensiones finales de 3/8"x3"x8".

5. Apagar y desmontar el equipo de corte oxiacetilénico:

- Cierre la válvula del acetileno del soplete.
- Cierre la válvula del oxígeno del soplete.
- Cierre las válvulas de los cilindros.
- Abra las válvulas del soplete para hacer la purga de la presión
- Afloje los tornillos de ajuste de los reguladores.
- Desatornille las mangueras de los reguladores.

- Desatornille los reguladores de los cilindros.
- Coloque las tapas de protección a los cilindros.

Productos/ Resultados esperados:

1. Las placas cortadas:

- Son de las dimensiones especificadas en la EPS, (3/8"x3"x8").
- Muestran corte recto.
- Presentan el ángulo de bisel y de ranura, conforme a la EPS, (ángulo de bisel de 35° y ángulo de ranura de 70°).
- Muestran cara de raíz con la dimensión especificada en la EPS (1/8" de espesor).
- Presenta ajuste y rectificación el ángulo del bisel y la cara de raíz conforme a especificación del EPS.

5. PRÁCTICA 4: ARMADO DE LA PROBETA DE SOLDADURA.

PRACTICA 4 DE 5

PARTE 1

- Armado de la probeta de soldadura mediante el código ASME sección IX.

MATERIALES:

- Portar equipo de protección de seguridad personal: Gorra, ropa de mezclilla, gamuza y/o algodón, guantes de gamuza o carnaza, lentes de seguridad claros, zapatos industriales, careta para soldar con el filtro Núm. 12.
- Máquina de Soldar de CD de 300 amperes, electrodos E7018 de 1/8", extraídos de un horno de conservación (de preferencia), bajo una temperatura de 121°C /250° F.
- Solera de acero de bajo contenido de carbono A36 con las dimensiones 3/8"X3"X8", previamente cortadas en la **PRACTICA 3 DE 5**.
- Solera A36 de 1/4"x3".
- Herramientas: cepillo de alambre, pinzas de mecánico, pinzas posicionadoras, flexómetro, piqueta, martillo, cincel, esmeril, discos de corte.

1. ARMADO DE LA PROBETA DE SOLDADURA.

Objetivo: Que el alumno aprenda a armar una probeta de soldadura usando las dimensiones especificadas en la WPS para la calificación de soldadores.

Desarrollo/ Desempeño:

1. Armado de la probeta de soldadura.

En caso de no haber realizado el corte de las placas por medio del proceso OFC, se podrá realizarlo mediante el uso de máquinas, siguiendo los pasos descritos a continuación.

- En una placa de 3/8" de espesor, se procede a marcarla para obtener las dimensiones de 3" de ancho y 8" de longitud.

- Con el uso de esmeril y un disco de corte, haciendo uso de todas las medidas de seguridad inherentes al manejo de la máquina, corte la placa a las dimensiones ya descritas. **FIGURA 5.1**

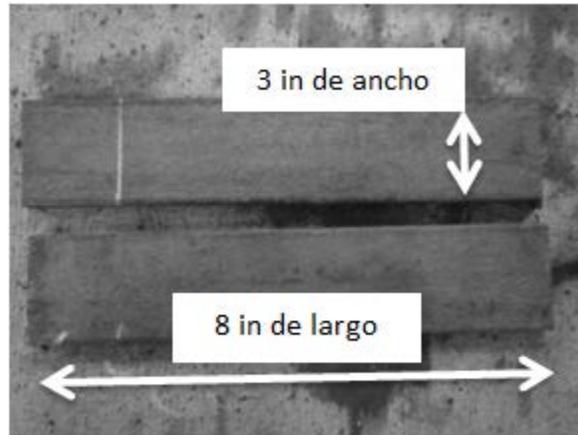


FIGURA 5.1. DIMENSIONES DE LA PROBETA DE SOLDADURA

- Una vez cortadas las placas a las dimensiones especificadas, se procede a limpiar de impurezas las soleras, esto puede realizarse con ayuda de esmeril y un cepillo de alambre tipo copa. **FIGURA 5.2**

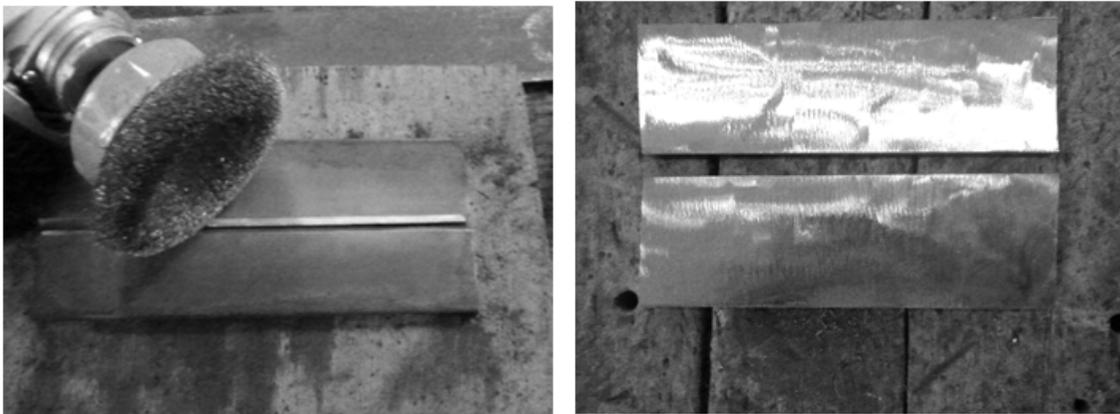


FIGURA 5.2. LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES DE LAS SOLERAS

- Con las superficies libres de impurezas, se procede a obtener el ángulo de bisel con ayuda del esmeril y una lija de desbaste o disco de desbaste según sea el caso. **FIGURA 5.3**

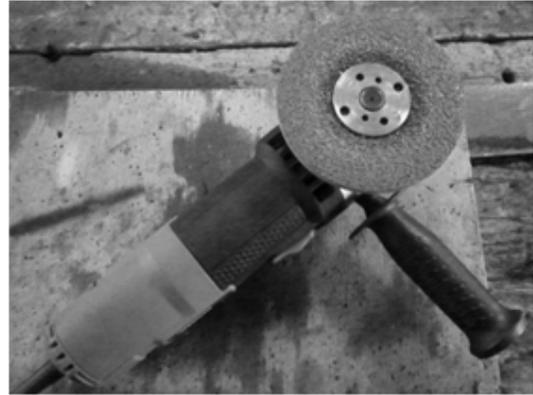


FIGURA 5.3. PREPARACION ANGULO DE BISEL.

- El ángulo de bisel de 35° se obtiene con ayuda de un goniómetro o una escuadra falsa y un transportador. **FIGURA 5.4**

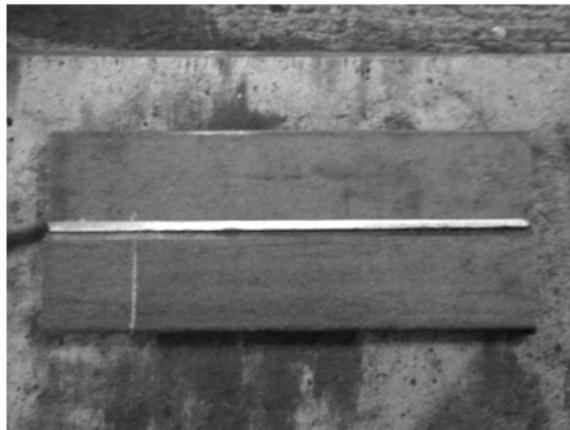


FIGURA 5.4. OBTENCION DEL ANGULO DE BISEL

- Para la apertura de raíz, que será de $1/8''$ a $3/16''$ se usa un electrodo desnudo de $1/8''$. Así mismo se preparan los refuerzos y lengüetas de la junta, cuya finalidad es evitar deformaciones durante el soldeo y servir de metal de sacrificio para el inicio y término de la soldadura, respectivamente.
- Los refuerzos son de dimensiones de $1/4'' \times 2'' \times 6''$ y se bisela en uno de sus cantos para formar una "garganta". **FIGURA 5.5**



FIGURA 5.5. GARGANTA EN LOS REFUERZOS DE SOLDADURA.

- Se coloca un cordón de soldadura de $1''$ de longitud aproximadamente, entre el material base y los refuerzos, con el objetivo de evitar contracciones y deformaciones durante el soldeo. **FIGURA 5.6.**

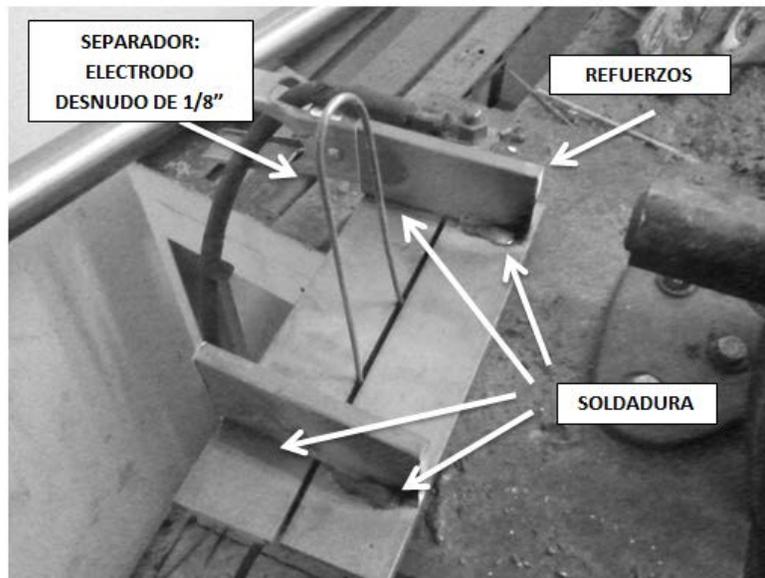


FIGURA 5.6. SEPARADOR PARA ABERTURA DE RAIZ

- Por último se preparan las lengüetas con dimensiones de $\frac{1}{4} \times 3 \times 3$ ". Estas se sueldan en los extremos de la probeta por medio de puntos de soldadura. Quedando así nuestra probeta de soldadura. **FIGURA 5.7.**

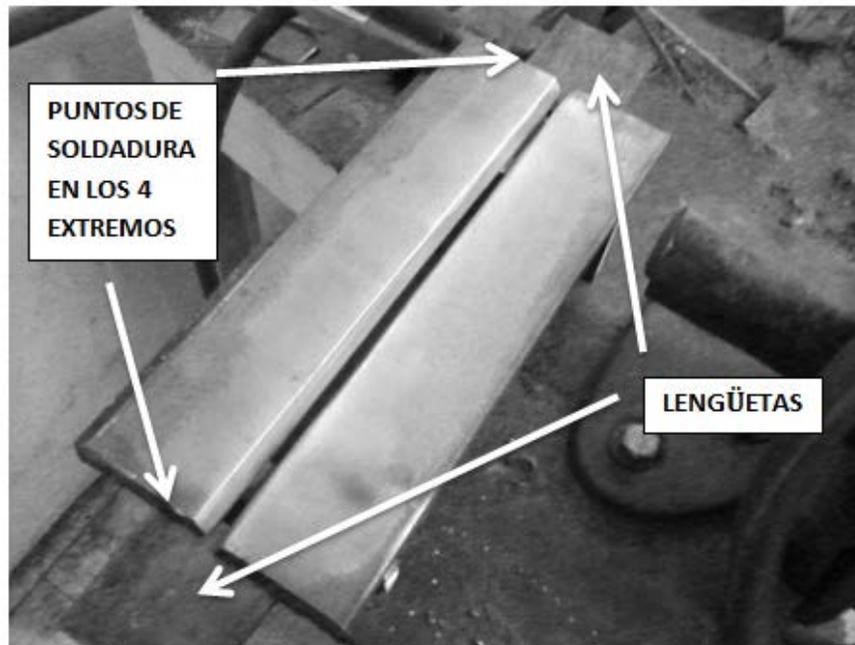


FIGURA 5.7. SOLDEO DE LAS LENGÜENTAS PARA LA PROBETA

6. PRÁCTICA 5: APLICACIÓN DE LA SOLDADURA CON PROCESO SMAW

PRACTICA 5 DE 5

PARTE 1

- Aplicación de soldadura en posición 1G, mediante el proceso SMAW.

MATERIALES:

- Portar equipo de protección de seguridad personal: Gorra, ropa de mezclilla, gamuza y/o algodón, guantes de gamuza o carnaza, lentes de seguridad claros, zapatos industriales, careta para soldar con el filtro Núm. 12.
- Máquina de Soldar de CD de 300 amperes, electrodos E6010 de 1/8" y electrodos E7018 de 1/8", estos últimos extraídos de un horno de conservación (de preferencia), bajo una temperatura de 121°C /250° F.
- Probeta previamente armada.
- Herramientas: cepillo de alambre, pinzas de mecánico, pinzas posicionadoras, flexómetro, piqueta, martillo, cincel, esmeril, discos de corte.

1. SOLDEO DE LA PLACA DE ACERO A36 MEDIANTE EL PROCESO SMAW, POSICION 1G

Objetivo: Realizar una soldadura en placa biselada posición 1G, con base en los parámetros descritos en la WPS.

Desarrollo/Desempeños:

- Colocamos la probeta en posición 1G, posición plana.
- Antes de realizar el soldeo de la placa, se tiene que verificar que se esté trabajando con una polaridad inversa (electrodo al positivo). Regular bien la corriente conforme al electrodo que se esté ocupando (revisar la WPS para ver rango de amperaje).
- Realizar el primer cordón usando el electrodo E6010 a 1/8". Utilizar un ángulo de trabajo de 90° y un ángulo de avance de empuje de 5° a 10°. **FIGURA 6.1**



Vista Frontal. Angulo de Trabajo de 90°.

Vista Lateral. Angulo de avance de empuje de 5° a 10°.

FIGURA 6.1. ANGULO DE TRABAJO Y DE AVANCE

- Para comenzar el baño de fusión de la soldadura y el metal base, realizaremos un movimiento de media luna o de látigo, se tiene que procurar ir fundiendo los bordes a la vez que se vaya formando el “ojo de llave”. FIGURA 6.2

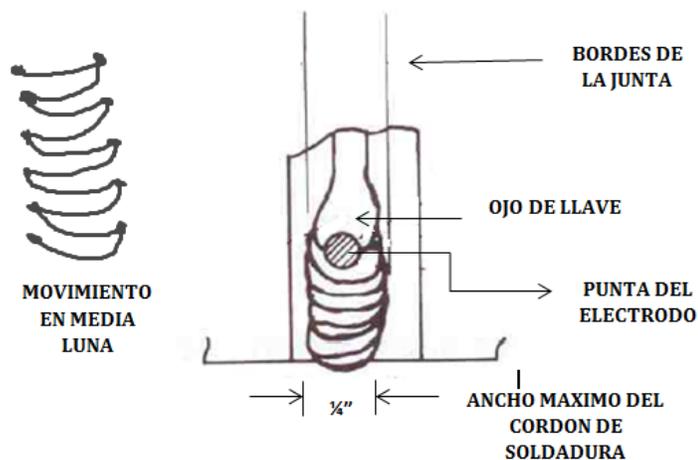


FIGURA 6.2. OJO DE LLAVE. PRIMER CORDÓN DE SOLDADURA.

TIP 1. Si no se forma el ojo de llave tenemos dos posibilidades; la primera, la más común, es que el amperaje no es el adecuado, nos hace falta más amperaje; la segunda, al realizar el soldeo no se está “ahogando” el electrodo, es importante que se vaya hundiendo el electrodo en el baño de fusión.

TIP 2. Caso contrario, si el ojo de llave se forma con demasiada rapidez y no se tiene control del mismo, es que el amperaje es demasiado alto, habrá que revisar las condiciones de soldeo.

TIP 3. Al usar el movimiento de “media luna” es importante hacer una pequeña pausa en los bordes para asegurar la buena fusión de los mismos. Una recomendación sería ir contando las pausas que se hacen en los bordes, un segundo por borde.

TIP 4. Se recomienda el movimiento de media luna debido a que con este movimiento es más fácil formar el ojo de llave, sin embargo también se puede realizar un movimiento de látigo. **FIGURA 6.3** Cuando se tiene más experiencia a veces resulta fácil combinar los dos movimientos según se vaya visualizando las condiciones de soldeo (charco de soldadura).

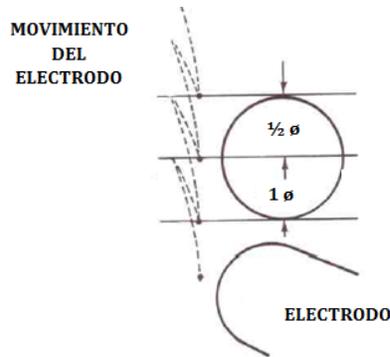


FIGURA 6.3. MOVIMIENTO DE LÁTIGO.

TIP 5. Para realizar el movimiento de látigo, se oscila el electrodo un diámetro del mismo hacia arriba y medio diámetro hacia abajo, la finalidad de este movimiento y ventajas del mismo, radica en el control del baño de soldadura, este movimiento generalmente se usa en soldeo vertical ascendente. Es importante dar pausas en cada movimiento para fusionar bien la soldadura con el metal base, de lo contrario aparecerán discontinuidades al finalizar el soldeo.

- Cada que se termine un electrodo se limpia el cráter con esmeril, una pulgada desde el cráter hacia abajo, posteriormente se inicia el soldeo desde una zona libre de escoria hasta empezar el llenado del cráter.
- Al finalizar el soldeo del primer cordón se limpia toda la soldadura con el esmeril para retirar toda la escoria, es importante que no haya escoria, la soldadura debe quedar muy limpia.
- El segundo cordón se realiza con el electrodo E7018, preferentemente extraídos de un horno de conservación bajo una temperatura de 120 °C aproximadamente. La técnica será un movimiento recto. Cada que se termine un electrodo, limpiar el cráter y reiniciar el soldeo nuevamente hasta completar la junta. Limpiar la escoria antes de soldar el tercer cordón.

- El tercer cordón se realizara con el movimiento de zigzag **FIGURA 6.4**, deteniéndose en los bordes de la junta para evitar discontinuidades y defectos.

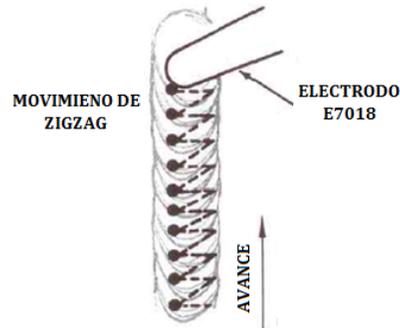


FIGURA 6.4. MOVIMIENTO DE ZIGZAG CON E7018.

TIP 6. Las pausas en los bordes no deben durar más allá de 2 segundos. No hacer pausas en la parte intermedia, ir soldando de borde a borde.

- El ultimo cordón, el de vista, se hará con un movimiento de zigzag, procurando fundir los bordes con un máximo de 1/16"

TIP 7. La pausa en los bordes puede durar hasta 2 segundos con 1 segundo en la parte intermedia. El movimiento de zigzag tiene que ser estrecho.

- Retirar la escoria y limpiar perfectamente la junta para proceder a realizar los ensayos correspondientes para calificación de habilidades.

- Ensayos de Doblez Guiado, Inspección Visual.

MATERIALES:

- Probeta soldada en la **PRÁCTICA 5 DE 5, ELEMENTO 1 DE 2.**
- Código ASME sección IX: Calificación de Procedimientos de Soldadura.

1. INSPECCION DE LA PROBETA SOLDADA.

Objetivo: Que el alumno observe los criterios de aceptación para los ensayos, tanto de inspección visual como de doblez guiado, conforme a la norma ASME IX.

Productos/ Resultados esperados:

1. Inspección Visual.

- El área de interés, de la superficie a inspeccionar, y sus zonas adyacentes (al menos a una pulgada) deben estar secas y libres de grasa, aceite, polvo, óxidos, pintura y material extraño que pueda interferir con el examen. En el caso de juntas soldadas, el área de interés incluye una pulgada adyacente a cada lado del cordón de soldadura.
- Cuando se requiera de limpieza, se pueden emplear los agentes de limpieza comunes como son: detergentes, solventes orgánicos, soluciones desincrustantes, removedores de pintura o desengrasantes, siempre y cuando sean fácilmente lavables antes de iniciar la inspección.
- El examen visual puede efectuarse sobre superficies con acabado tal como: rolado, fundido o soldado; sin embargo, puede requerirse una preparación de la superficie por medio de maquinado, esmerilado, granalla o chorro de arena, para eliminar irregularidades que pudieran enmascarar las discontinuidades.

Métodos / técnicas de inspección.

Examen visual directo

- El examen visual directo debe hacerse cuando el acceso es suficiente para colocar el ojo dentro de 24 pulgadas (600 mm) de la superficie que será examinada y a un ángulo no menor de 30 grados de la superficie que será examinada.

- Los espejos podrán usarse para mejorar el ángulo de visión, y los auxiliares tales como los lentes amplificadores pueden ser usados para ayudar en los exámenes.
- Se requiere iluminación (natural o luz blanca suplementaria) de la parte específica, componente, recipiente o la sección que será examinada.

Normas de Aceptabilidad.

- Las superficies soldadas no deben presentar defectos ni discontinuidades conforme al código de aplicación en cuestión.
- Para soldaduras a tope de ranura, los siguientes defectos son inaceptables:

Grietas: Una soldadura será aceptada después de una inspección visual si muestra no tener grietas.

Falta de fusión: Una soldadura será aceptada después de la inspección visual si muestra que hay fusión completa entre el metal de soldadura y el metal base.

Inclusión de escoria: Una soldadura será aceptada después de la inspección visual si no hay inclusiones de escoria que excedan de 1/8" en 6" de cualquier soldadura.

Penetración incompleta: La raíz de la soldadura será aceptada después de la inspección visual si no tiene indicios de una penetración incompleta de la junta.

Porosidad: Una soldadura será aceptada después de la inspección visual si la porosidad no excede de 1/16" máximo y no tiene más del total combinado de 1/8" en cualquier pulgada cuadrada de soldadura.

Socavación: Una soldadura será aceptada después de la inspección visual si la socavación no excede de 1/32" de ancho, 1/32" de profundidad y no tiene más de un total combinado de 2" en cualquier soldadura de 6".

Refuerzo: Una soldadura será aceptada después de la inspección visual si el refuerzo de la cara y raíz no exceda la dimensión especificada y muestra una transición gradual a la superficie del metal base. Cualquier refuerzo debe entremezclarse suavemente en la placa o superficie previamente soldada con las áreas de transición sin socavación en el borde de la soldadura.

Refuerzo de la raíz: Deberá ser al ras con la superficie del metal base como mínimo, a 1/16" como máximo.

Refuerzo de la cara: Deberá ser al ras con la superficie del metal base como mínimo, a 1/8" como máximo.

Reporte de Inspección.

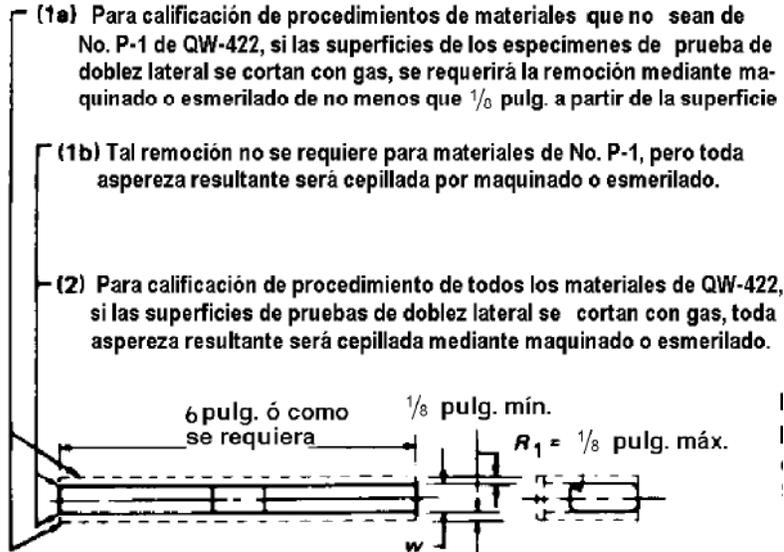
- Los resultados de cada inspección deben ser reportados en el formato de reporte de inspección, al cual se le anexará cualquier documentación, información o dibujo necesario que permita el seguimiento del reporte al (los) componente(s), zona(s) de (los) componente(s) o unión(es) soldada(s) inspeccionada(s).
- La localización de las indicaciones debe ser documentada dentro del formato de reporte o en un croquis anexo, dimensionando aproximadamente a escala la zona o pieza inspeccionada.

2. Prueba de doblez (plegado) - guiada.

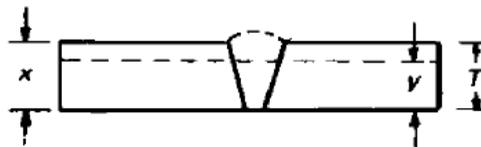
Según Norma ASME Sección IX.

QW-141.2 Ensayo de Plegado Guiado. Se describen en **QW-160** y es usado para determinar el grado de sanidad y ductilidad de la soldadura a tope.

En **QW-161** se establece que la probeta de plegado guiado podrá prepararse mediante el corte del cupón de soldadura de ranura para formar una probeta de sección rectangular. Las superficies de la probeta serán designadas superficies de la cara y de la raíz, siendo la de cara, aquella que contenga el espesor mayor de soldadura. Los espesores de las probetas y los diámetros de plegado se muestran en **QW-462.2, FIGURA 6.5** y **QW-466.1, FIGURA 6.6**. Las probetas de plegado guiado son de cinco tipos, dependiendo cuando el eje de la soldadura es transversal o paralelo al eje longitudinal de la probeta y cual superficie –lateral, cara o raíz – se encontrará en la cara convexa u externa del plegado. Los cinco tipos se describen en **QW-161.1 a QW-161.7** y se denominan: Plegado Transversal Lateral, Plegado Transversal de Cara, Plegado Transversal de Raíz, Plegado Longitudinal Lateral, Plegado Longitudinal.



T , pulg.	y , pulg.	w (pulg.)	
		$\frac{3}{8}$ a $1\frac{1}{2}$, incl.	T
$> 1\frac{1}{2}$	[Nota (1)]	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$



NOTA GENERAL:

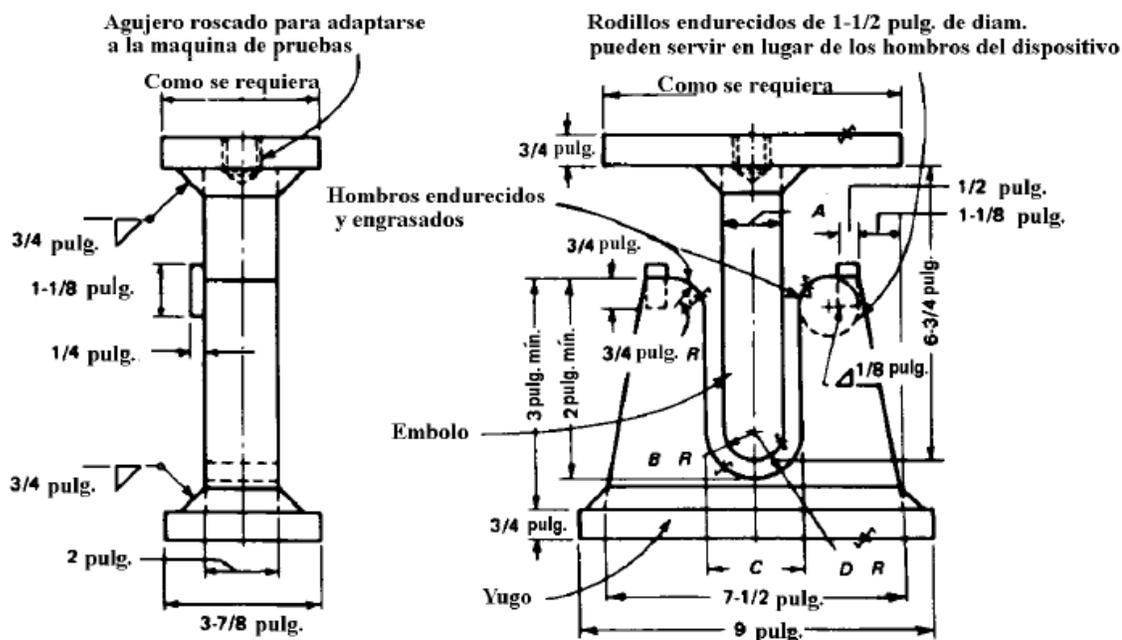
El refuerzo de soldadura y la tira de respaldo o el anillo de respaldo, si existe, pueden ser removidos a ras con la superficie del espécimen. Se puede emplear corte térmico, maquinado, o esmerilado. El enderezamiento en frío es permitido antes de la remoción del refuerzo.

NOTA:

- (1) Cuando el espesor del espécimen T excede de $1\frac{1}{2}$ pulg., use uno de los siguientes:
 - (a) Corte el espécimen en múltiples especímenes de prueba y de aproximadamente iguales dimensiones ($\frac{3}{4}$ pulg. a $1\frac{1}{2}$ pulg.). y = espesor de espécimen probado cuando se toman múltiples especímenes de una muestra
 - (b) El espécimen se puede doblar al ancho pleno. Vea requerimientos sobre ancho del dispositivo en QW-466.1.

FIGURA 6.5. DIMENSIONES DE PRUEBA DE DOBLES.

QW-466 Dispositivos de Prueba



Material	Espesor del Espécimen, pulg.	A, pulg.	B, pulg.	C, pulg.	D, pulg.
No. P-23 a No. P-2X; No. P-2X con No. F-23; No. P-35; No. P-XX con No. F-36	1/8 $t = 1/8$ o menos	2-1/16 16-1/2t	1-1/32 8-1/4t	2-3/8 18-1/2t + 1/16	1-3/16 9-1/4t + 1/32
No. P-11; No. P-25 a No. P-21 o No. P-22 o No. P-25	3/8 $t = 3/8$ o menos	2-1/2 6-2/3t	1-1/4 3-1/3t	3-3/8 8-2/3t + 1/8	1-11/16 4-1/3t + 1/16
No. P-51	3/8 $t = 3/8$ o menos	3 8t	1-1/2 4t	3-7/8 10t + 1/8	1-15/16 5t + 1/16
No. P-52, No. P-53; No. P-61, No. P-62	3/8 $t = 3/8$ o menos	3-3/4 10t	1-7/8 5t	4-5/8 12t + 1/8	2-5/16 6t + 1/16
Todos los otros con elongación mayor que o igual a 20%	3/8 $t = 3/8$ o menos	1-1/2 4t	3/4 2t	2-3/8 6t + 1/8	1-3/16 3t + 1/16
Todos los otros con elongación de menos de 20%	3/8 $t =$ (ver Nota b)	32-7/8t, máx.	16-7/16t, máx.	34-7/8t + 1/16, máx.	17-7/16t + 1/32, máx.

NOTAS GENERALES:

- (a) Para Números P-, vea QW-422, para Números F-, vea QW-432.
- (b) Las dimensiones del dispositivo de prueba serán tales que le den al espécimen de prueba de doblé una elongación de fibra exterior en por ciento calculado igual a por lo menos aquel del material base de la elongación mínima inferior que se especifica en la especificación del material base.

$$\text{elongación de la fibra exterior en por ciento} = \frac{100 t}{A + t}$$

Se proporciona la fórmula siguiente para conveniencia al calcular el espesor de espécimen para doblé:

$$\text{espesor de espécimen (t)} = \frac{A \times \text{elongación en por ciento}}{[100 - (\text{elongación en por ciento})]}$$

- (c) Para configuración de dispositivo para doblé guiado, vea QW-466.2, QW-466.3, y QW-466.4.
- (d) La soldadura y la zona afectada térmicamente, en el caso de un espécimen de doblé de soldadura transversal, estarán completamente dentro de la porción de doblé del espécimen después de la prueba.

FIGURA 6.6. DIMENSIONES DE LA PRUEBA JIG.

1. Procedimiento.

El ensayo consiste en sostener la probeta sobre dos superficies cilíndricas separadas a una distancia establecida y mediante un punzón cilíndrico deformar la probeta, introduciendo el punzón entre los dos cilindros de apoyo. Los diámetros de los cilindros de apoyo y del punzón, como así también la separación de los mismos, se encuentra determinado por el material a ensayar y el espesor de la probeta. En la **FIGURA 6.7** se muestra las secciones a cortar y que posteriormente se tienen que ensayar.

QW-463.1(a) PLATES — LESS THAN $\frac{3}{4}$ in. (19 mm)
THICKNESS PROCEDURE QUALIFICATION

Discard		this piece
Reduced section		tensile specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Discard		this piece

FIGURA 6.7. UBICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CALIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO EN PLACA MENORES QUE $\frac{3}{4}$ ".

2. Normas de Aceptabilidad.

Deberá examinarse visualmente si la superficie convexa de la muestra de prueba de doblez guiado tiene discontinuidad en la superficie. Para ser aceptada, la superficie no deberá tener discontinuidades que excedan las siguientes dimensiones.

- $\frac{1}{8}$ ", medida en cualquier dirección de la superficie.
- $\frac{3}{8}$ ", como suma de las dimensiones mayores de todas las discontinuidades que excedan de $\frac{1}{32}$ " pero menores o iguales a $\frac{1}{8}$ ".
- $\frac{1}{4}$ " dimensión máxima en grieta, excepto cuando ha resultado de una inclusión de escoria visible u otra discontinuidad tipo fusión, en cuyo caso se aplicara un máximo de $\frac{1}{8}$ ". Las muestras con grietas que excedan de $\frac{1}{4}$ " sin indicios de inclusiones de escoria u otra discontinuidad tipo fusión pueden pasarse por alto, y se probara una muestra de reemplazo de la estructura soldada original.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

Actualmente me dedico a la capacitación de empresas y consultoría dentro de la rama de la soldadura industrial y a la enseñanza de esta especialidad como cursos técnicos en el CECATI 73, la presente tesis es una parte de mi metodología de trabajo dentro de las empresas, al desarrollar esta metodología **(Manejo de la WPS para la enseñanza de la Soldadura Industrial)** he observado una mayor comprensión de parte del personal afin.

El manejar esta metodología junto con la enseñanza de habilidades técnicas propicia un desarrollo integral para el futuro soldador, si bien, el conocimiento y manejo de los estándares y ensayos afines a la especialidad no es de primordial interés para el técnico soldador, esta sirve para hacer más angosta la vía de comunicación entre el jefe de soldadura o inspector de soldadura y el soldador. Un soldador que posee el conocimiento del porqué, debido a que y del cómo se debe realizar una soldadura lo hace más competitivo para el mercado actual.

En la actualidad México incursiona en la elaboración de estándares de competencia de soldadura por parte del CONOCER (en algunos de los cuales he sido participe para su elaboración y pilotaje) buscando con ello una homogeneidad de conocimientos, aptitudes y habilidades en las especialidades técnicas.

Con lo anteriormente mencionado se puede decir que el verdadero valor de este trabajo de tesis no es en si la metodología misma (ya que esta es existente y aplicable en otros países desde hace tiempo) si no en la inserción de esta misma en los modelos actuales de enseñanza. Desde mi punto de vista si el modelo es aplicable para el área técnica para una mejor comprensión de la ingeniería e inspección, entonces también deberá ser aplicable para el área de ingeniería puesto que es a esta última la que mayor interés debe mostrar en la especialidad.

BILBIOGRAFIA.

- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section IX;** Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators. Welding and Brazing Qualifications. **2010 Edition.**
- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section V;** Nondestructive Examination. **2010 Edition.**
- **AWS D1.1/D1.1M:2010,** Structural Welding Code – Steel. **22nd Edition.**
- **AWS WI: 2015;** Welding Inspection Handbook. **Fourth Edition 2015.**
- **AWS VIW-M: 2006;** Visual Inspection Workshop, Reference Manual. **Third Edition 2006.**
- **AWS WHB-1.9;** Welding Handbook, Welding Science and Technology. **Ninth Edition, Volume 1.**
- **AWS WHB-2.9;** Welding Handbook, Welding Science and Technology. **Ninth Edition, Volume 2-Part 1: Welding Processes.**
- **AWS PHB-2;** Everyday Pocket Handbook for Visual Inspection and Weld Discontinuities. **2000.**
- **AWS A3.0M/A3.02010;** Standard Welding Terms and Definitions. **12th Edition.**
- **AWS A5.1/A5.1M:2012;** Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding. **14th Edition.**
- Soldadura: Principios y Aplicaciones; Larry Jeffus. **Paraninfo, Quinta Edición.**