

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA**



**“CALIFICACION DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA  
ESPECIFICO Y LA HABILIDAD DEL PERSONAL DE SOLDADURA PARA  
LA FABRICACION DE UN TANQUE METALICO ASME VIII DIV 1”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO METALURGISTA**

**ELABORADO POR:  
SAUL CESAR CABALLERO ESPINOZA**

**ASESOR:  
ING. JULIO UZA TERUYA**

**LIMA – PERU**

**2014**

**DEDICATORIA:**

Este trabajo se lo dedico a mis padres,  
profesores y amigos por su apoyo  
incondicional en mi educación.

## **RESUMEN**

En este informe se describe una parte concerniente al aseguramiento de la calidad ejecutado antes de iniciar la soldadura de producción de un “Tanque Metálico ASME Section VIII Div.1”. Se detalla la calificación de un “Procedimiento de Soldadura Específico y la Habilidad de los Soldadores” con el objetivo de tener juntas de soldadura exentas de defectos y con pocas reparaciones durante la fabricación. El proceso de soldadura que se va describir es SMAW (Shielded Metal Arc Welding), y el código de calificación es ASME Section IX.

En la parte experimental se detalla la secuencia, requerimientos de tipo y cantidad de ensayos y rangos de calificación.

En la calificación del Procedimiento de Soldadura Especifico se describe las variables esenciales y no esenciales que va contemplar el Procedimiento de Soldadura Especifico en concordancia con los requerimientos de la soldadura de producción. Se describe la compatibilidad metalúrgica y resistencia mecánica entre el metal base y el metal de aporte mediante la inspección visual y ensayos mecánicos, los cuales son mandatorios realizarlos.

En la calificación de la Habilidad del Personal de Soldadura se describe las variables esenciales y no esenciales que se requiere en la soldadura de producción. Se evalúa la habilidad del soldador para realizar soldaduras con buen aspecto visual, exentas de defectos y que demuestre un manejo adecuado del equipo de soldadura. También se menciona la inspección visual y ensayos mecánicos que se deben realizar para que un soldador sea calificado.

## **ABSTRACT**

In this report is described the quality assurance run before starting production welding of a "Metallic Tank ASME Section VIII Div.1. The qualification of a "Welding Procedure Specific and Welder Personal Performance" in order to have free welding joints with few defects and repairs during fabrication is detailed. The welding process to be described is SMAW (Shielded Metal Arc Welding) and code of qualification is ASME section IX.

In the experimental the sequence, requirements type and amount of testing and score ranges of qualification is described.

In the qualification of Welding Procedure Specific essential and nonessential variables that will see the Specific Welding Procedure in accordance with the requirements of production welding is described. Metallurgical compatibility and mechanical strength between the base metal and the filler metal is described by visual inspection and mechanical tests, which are mandatory to perform them.

In the qualification of Staff Skill Welding essential and non-essential variables required in production welding is described. The ability of the welder to weld is evaluated with, free from defects, visual appearance and demonstrating proper handling of the welding equipment. Visual inspection and mechanical testing to be performed for a welder is qualified is also mentioned.

## **INDICE**

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
 <b>CAPITULO I: FUNDAMENTO TEORICO</b>	
1.1 Soldadura en General	11
1.1.1 Tipos de junta	11
1.1.2 Tipos de soldadura	12
1.1.3 Soldaduras con bisel	12
1.1.4 Posiciones de soldadura	14
1.1.5 Proceso de Soldadura	15
1.1.5.1 Soldadura por Arco con Electrodo Revestido (SMAW)	16
1.1.6 Discontinuidades en el Metal de Soldadura Depositado	20
1.2 Procedimiento de Soldadura Especifico (WPS)	31
1.2.1 Conceptos Generales	31
1.2.2 Calificación en el Sistema ASME IX	34
1.3 Calificación de Personal de Soldadura (WPQ)	35
 <b>CAPITULO II: CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA ESPECÍFICO Y LA HABILIDAD DEL PERSONAL DE SOLDADURA</b>	
2.1 Elaboración del Procedimiento de Soldadura Especifico (WPS)	38
2.1.1 Preparación del Cupón	40
2.1.2 Soldadura del Cupón	42
2.1.3 Ensayos Mecánicos Requeridos	51
2.1.3.1 Ensayo de Tracción (rotura)	52
2.1.3.2 Ensayo de Doblado	56
2.1.4 Rangos de Calificación en Soldadura de Producción	59

2.2 Calificación de la Habilidad de los Soldadores (WPQ)	62
2.2.1 Soldadores Calificados	62
2.2.2 Soldadores no Calificados	67
<b>CONCLUSIONES</b>	71
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	73
<b>ANEXOS</b>	74

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Tipos de unión	11
<b>Figura 1.2:</b> Soldadura con bisel – parte1	13
<b>Figura 1.3:</b> Soldadura con bisel – parte2	14
<b>Figura 1.4:</b> Posiciones de soldadura en uniones biseladas y filete	15
<b>Figura 1.5:</b> Soldadura por arco con electrodo revestido	18
<b>Figura 1.6:</b> Sistema de identificación de electrodo SMAW	18
<b>Figura 1.7:</b> Discontinuidades – Fisura longitudinal	23
<b>Figura 1.8:</b> Discontinuidades – Fisura transversal	23
<b>Figura 1.9:</b> Discontinuidades – Falta de fusión	24
<b>Figura 1.10:</b> Discontinuidades – Falta de fusión en la superficie de la soldadura	24
<b>Figura 1.11:</b> Discontinuidades – Falta de fusión entre el metal de soldadura y el metal base	24
<b>Figura 1.12:</b> Discontinuidades – Ejemplo de junta con falta de penetración	25
<b>Figura 1.13:</b> Discontinuidades – Inclusiones de escoria	25
<b>Figura 1.14:</b> Discontinuidades – Poros distribuidos uniformemente	25
<b>Figura 1.15:</b> Discontinuidades – Poros superficiales alineados unidos por una fisura longitudinal	26
<b>Figura 1.16:</b> Discontinuidades – Poros superficiales aislados	26
<b>Figura 1.17:</b> Discontinuidades – Poros superficiales alargados	26
<b>Figura 1.18:</b> Discontinuidades – Apariencia típica de una socavación en soldaduras de filete y con bisel	27
<b>Figura 1.19:</b> Discontinuidades – Socavación adyacente a una soldadura de filete	27
<b>Figura 1.20:</b> Discontinuidades – Socavación de Cordón en soldadura con bisel	28
<b>Figura 1.21:</b> Discontinuidades – Solapado en soldadura con bisel y filete	28
<b>Figura 1.22:</b> Discontinuidades – Sobreepesor y sobreepesor de raíz	29
<b>Figura 1.23:</b> Discontinuidades – Efecto del sobreepesor de la soldadura	29

en la resistencia a la fatiga

<b>Figura 1.24:</b> Discontinuidades – Fotomicrografía de una estructura martensítica producida por un golpe de arco	29
<b>Figura 1.25:</b> Discontinuidades – Fisura formada en una salpicadura en la superficie del metal base	30
<b>Figura 1.26:</b> Discontinuidades – Salpicadura	30
<b>Figura 1.27:</b> Discontinuidades – Fisura en el metal de soldadura debido a la presencia de laminación	30
<b>Figura 1.28:</b> Discontinuidades – Configuraciones de soldadura que pueden provocar desgarre laminar	31
<b>Figura 2.1:</b> Vista de planta del tanque	39
<b>Figura 2.2:</b> Vista de perfil del tanque	40
<b>Figura 2.3:</b> Preparación del Cupón	41
<b>Figura 2.4:</b> Cupón en posición vertical 3G	41
<b>Figura 2.5:</b> Configuración de la junta	42
<b>Figura 2.6:</b> Soldadura del cupón en posición vertical – parte1	45
<b>Figura 2.7:</b> Soldadura del cupón en posición vertical – parte2	45
<b>Figura 2.8:</b> Secuencia de soldadura y número de capas de soldadura	46
<b>Figura 2.9:</b> Raíz aceptada visualmente – parte1	47
<b>Figura 2.10:</b> Raíz aceptada visualmente – parte1	47
<b>Figura 2.11:</b> Relleno aceptado visualmente	48
<b>Figura 2.12:</b> Detalle de relleno aceptado visualmente	48
<b>Figura 2.13:</b> Acabado visualmente aceptado – parte1	48
<b>Figura 2.14:</b> Acabado visualmente aceptado – parte2	49
<b>Figura 2.15:</b> Acabado visualmente aceptado – parte3	49
<b>Figura 2.16:</b> Horno de almacenamiento de electrodos E7018 – parte1	49
<b>Figura 2.17:</b> Horno de almacenamiento de electrodos E7018 – parte2	50
<b>Figura 2.18:</b> Horno de almacenamiento de electrodos E7018 – parte3	50
<b>Figura 2.19:</b> Verificación del amperaje de la fuente poder	51
<b>Figura 2.20:</b> Distribución de las probetas a cortar	53
<b>Figura 2.21:</b> Preparación de la probeta para el ensayo tracción	53



<b>Figura 2.22:</b> Diagrama “esfuerzo – deformación” SFC T1	54
<b>Figura 2.23:</b> Diagrama “esfuerzo – deformación” SFC T2	54
<b>Figura 2.24:</b> Informe técnico de tracción	55
<b>Figura 2.25:</b> Criterio de aceptación para el ensayo de tracción	56
<b>Figura 2.26:</b> Preparación mecánica para ensayo de doblado	57
<b>Figura 2.27:</b> Equipo de doblado	58
<b>Figura 2.28:</b> Especímenes doblados	58
<b>Figura 2.29:</b> Criterio de aceptación de las probetas dobladas soldadores	59
<b>Figura 2.30:</b> Informe de doblado – parte1	60
<b>Figura 2.31:</b> Informe de doblado – parte2	61
<b>Figura 2.32:</b> Ubicación de los especímenes a extraer en la calificación de soldadores	66
<b>Figura 2.33:</b> Defectos – Soldador VRM cordón irregular – parte1	67
<b>Figura 2.34:</b> Defectos – Soldador VRM cordón irregular – parte2	67
<b>Figura 2.35:</b> Defectos – Soldador PRO malos empalmes – parte1	68
<b>Figura 2.36:</b> Defectos – Soldador PRO malos empalmes – parte2	68
<b>Figura 2.37:</b> Defectos –Soldador GCP demasiada penetración en la raíz – parte1	68
<b>Figura 2.38:</b> Defectos –Soldador GCP demasiada penetración en la raíz – parte2	69
<b>Figura 2.39:</b> Defectos – Soldador WSP ancho irregular – parte1	69
<b>Figura 2.40:</b> Defectos – Soldador WSP ancho irregular – parte2	69
<b>Figura 2.41:</b> Defectos – Soldador LAP golpe de arco	70

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Significado del último dígito de la identificación SMAW	18
<b>Tabla 2.1:</b> Variables de soldadura proceso SMAW	44
<b>Tabla 2.2:</b> Parámetros eléctricos	51
<b>Tabla 2.3:</b> Límites de calificación y tipo y número de ensayos (WPS)	52
<b>Tabla 2.4:</b> Posiciones calificadas para soldadores	63
<b>Tabla 2.5:</b> Lista de soldadores evaluados	63
<b>Tabla 2.6:</b> Rangos de calificación y tipo y número de ensayos (WPQ)	65
<b>Tabla 2.7:</b> Variables esenciales para soldadores	66

## INTRODUCCION

La Calificación del “Procedimiento de Soldadura Especifico y Soldadores” es parte del aseguramiento de la calidad en la fabricación de un Tanque Metálico de 10 m<sup>3</sup> de volumen que trabajará bajo una presión de 120 psi. El Tanque se fabricó con un cuerpo cilíndrico vertical con tapas torisfericas ensamblado con material ASTM A36 de espesor 9.5 mm en el cuerpo y tapas. Las dimensiones del diámetro y altura son de 2100 mm (≈7 pies) x 3630 mm (≈ 12 pies) respectivamente. El Tanque Metálico (Pressurazed Air Tank) es para el proyecto de la Central Termoeléctrica “Fenix Power Perú Project”, ubicado en Chilca-Perú.

Antes de empezar con la soldadura de producción es mandatorio calificar un Procedimiento de Soldadura Especifico (WPS) y la Habilidad del Personal de Soldadura (WPQ) para eso se tiene que saber el código de calificación, material base a usar, condiciones de servicio (cargas ciclicas o estaticas, presión de trabajo, condiciones ambientales, el contenido del recipiente), etc.

En el Procedimiento de Soldadura Especifico se debe mostrar la correcta unión metalurgica entre el metal base y el metal de aporte. Para que el procedimiento sea calificado se inspecciona visualmente, y si este es satisfactorio se realiza ensayos mecanicos y/o Ensayos No Destructivos, los cuales deben ser aceptables en base al código de calificación.

Posteriormente se procede con la Calificación de la Habilidad del Soldador, en la calificación de soldadores se evalua la habilidad de los soldadores para realizar juntas de soldadura exenta de defectos.

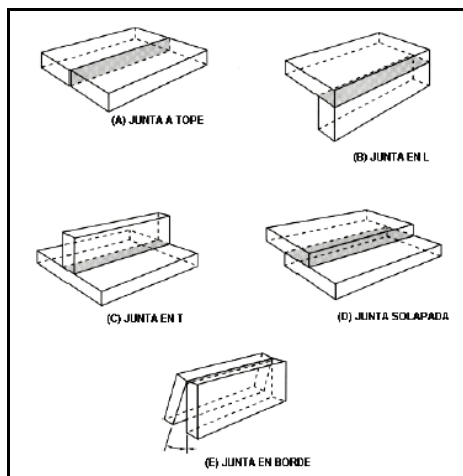
## CAPITULO I

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 1.1 Soldadura en General

##### 1.1.1 Tipos de Junta

En la figura 1.1 se ilustra las cinco juntas básicas usadas en soldadura de metales: a tope, en L, en T, traslape y en borde.



**Figura 1.1:** Tipos de unión (fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)

##### 1.1.2 Tipos de Soldadura

Los tipos de soldadura usados en soldadura usando como guía “ANSI/AWS A2.4, Standard Symbols for Welding, Brazing and Nondestructive Examination” son nueve categorías:

1. Soldadura con bisel
2. Soldaduras de filete
3. Soldadura en botón o en ojal
4. Soldadura de espárragos
5. Soldadura por puntos o soldadura por proyección
6. Soldadura por costura.
7. Soldadura de reverso o soldadura de respaldo
8. Soldadura con recargue
9. Soldadura de componentes curvos.

Con la variedad geométrica de juntas y tipos de soldadura disponibles, el diseñador de soldadura puede elegir aquella que mejor cumpla con sus necesidades. Esta elección puede basarse en consideraciones como:

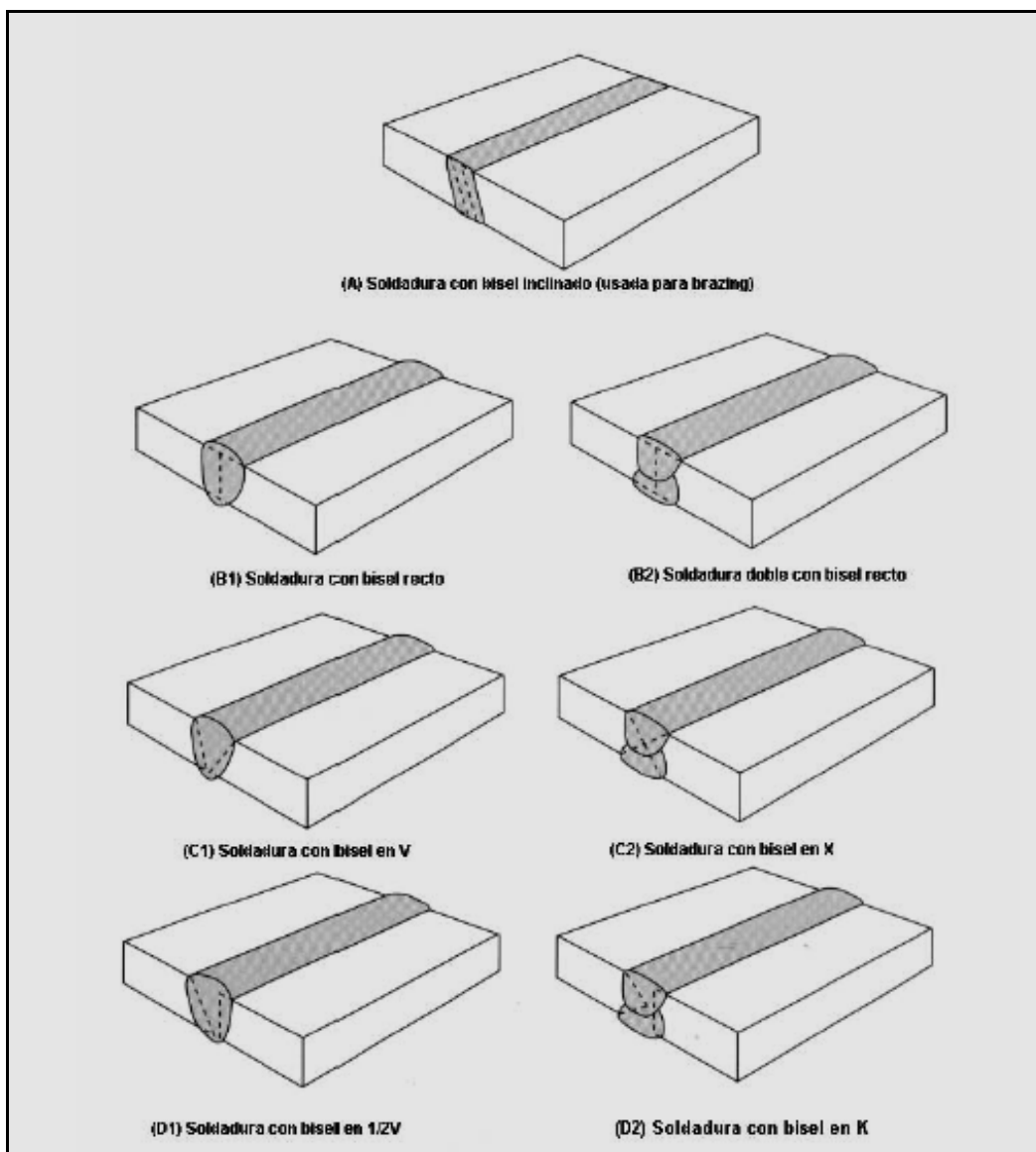
1. Accesibilidad a la junta a soldar
2. Tipo de proceso empleado
3. Conveniencia para el diseño de la estructura.
4. Costo de la soldadura.

### **1.1.3 Soldaduras con Bisel**

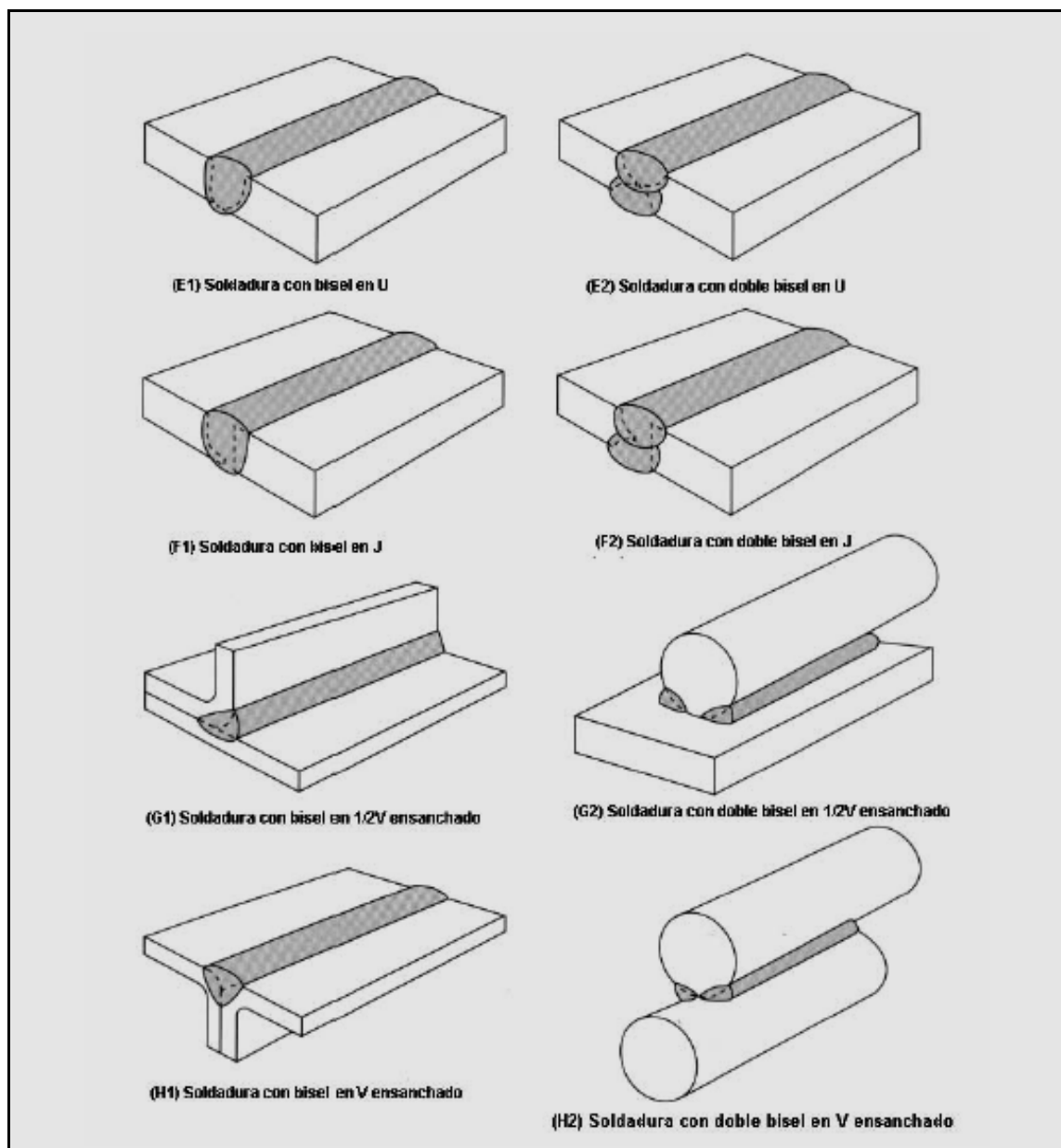
Una soldadura con bisel es, “una soldadura hecha en un bisel entre las piezas”. Hay ocho tipos de soldadura con bisel:

1. Bisel recto
2. A tope con inglete
3. Bisel en V
4. Bisel en  $\frac{1}{2}$  V
5. Bisel en U
6. Bisel en J
7. Bisel en V ensanchado
8. Bisel en  $\frac{1}{2}$  V ensanchado

Sus nombres implican como las configuraciones actuales se ven cuando son vistas en sección transversal. Todos estos tipos de soldadura con bisel pueden ser aplicados a juntas que son soldadas de un solo lado o en ambos lados. La figura 1.2 y 1.3 ilustra las configuraciones típicas.



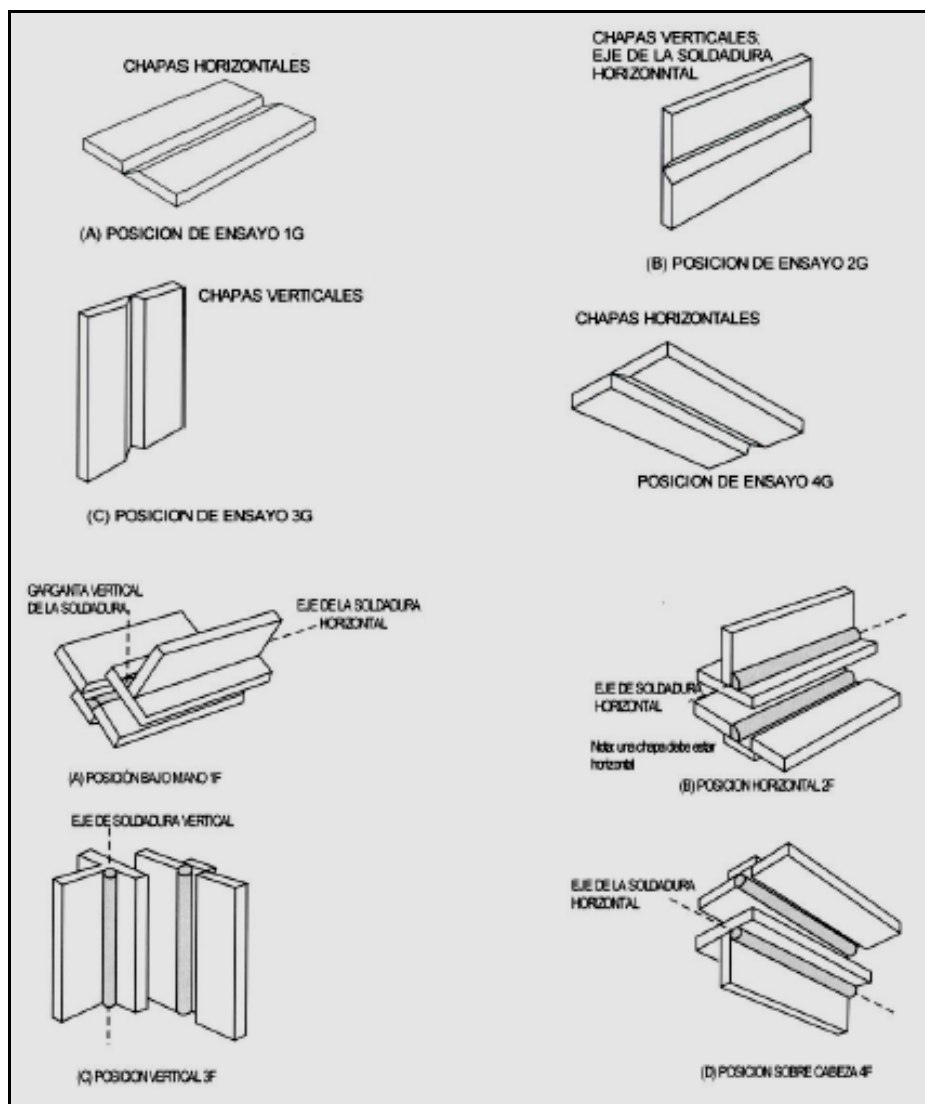
**Figura 1.2:** Soldadura con bisel parte 1 (fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)



**Figura 1.3:** Soldadura con bisel parte 2 (fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)

#### 1.1.4 Posiciones de Soldadura

Las posiciones de soldadura son de acuerdo a la designación ANSI/AWS A3.0, en lo referente a chapas (planchas) se muestran en la figura 1.4.



**Figura 1.4:** Posiciones de soldadura en uniones biseladas y filetes (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)

### 1.1.5 Proceso de Soldadura

Previo a nuestra discusión de los distintos procesos de soldadura, es apropiado definir que se quiere significar con el término “soldadura”. De acuerdo con AWS, una soldadura es, “una coalescencia localizada de metales o no metales producida tanto por calentamiento de los metales a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión, o por la aplicación de presión solamente y con o sin el uso de material de aporte.” Coalescencia significa “unidos uno a otro entre sí”. Por esa



razón la soldadura se refiere a las operaciones usadas para llevar a cabo esta operación de unión.

Los procesos de soldadura se dividen en (no están considerados los Procesos de Brazing):

1. Soldadura por Arco con Electrodo Revestido
2. Soldadura por Arco con Alambre Tubular
3. Soldadura por Arco con Alambre Tubular
4. Soldadura por Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa
5. Soldadura por Arco Sumergido
6. Soldadura por Plasma
7. Soldadura por Electroescoria
8. Soldadura por Oxiacetileno
9. Soldadura de Espárrago
10. Soldadura por Haz de Electrones
11. Soldadura por Lazer

#### **1.1.5.1 Soldadura por Arco con Electrodo Revestido (SMAW)**

El primer proceso a ser discutido es la soldadura con electrodo revestido. A pesar de que este es el nombre correcto para el proceso, comúnmente oímos referirse a él como “stick welding”. Este proceso opera mediante el calentamiento del metal con un arco eléctrico entre un electrodo de metal recubierto, y los metales a ser unidos. La Figura 1.5 muestra los distintos elementos del proceso de soldadura por arco con electrodo revestido.

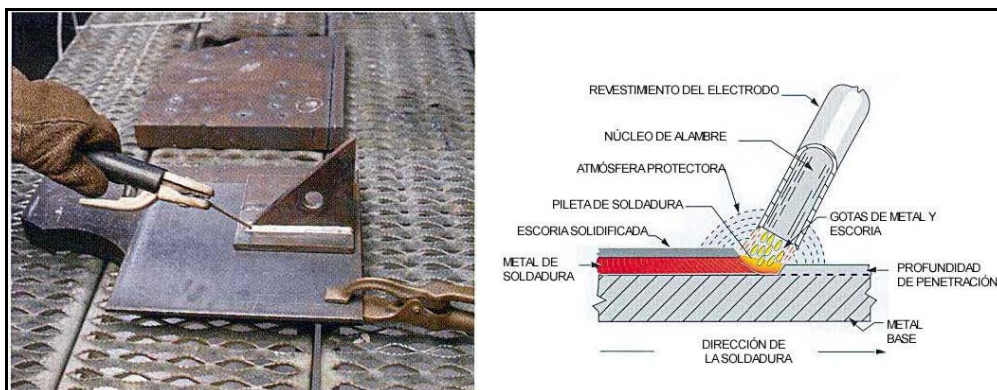
Esta ilustración muestra que el arco es creado entre el electrodo y la pieza de trabajo debido al flujo de electricidad. Este arco provee calor, o energía, para fundir el metal base, metal de aporte y recubrimiento del electrodo. A medida que el arco de soldadura avanza hacia la derecha, deja detrás metal de soldadura solidificado cubierto por una capa de fundente convertido, conocido como escoria. Esta escoria

tiende a flotar fuera del metal debido a que solidifica después que el metal fundido haya solidificado, entonces hay menos posibilidad que sea atrapado dentro de la zona de soldadura resultando una inclusión de escoria.

Otra característica que es de notar en la figura 1.5 es la presencia de gas de protección, el que es producido cuando el recubrimiento del electrodo es calentado y se descompone. Estos gases ayudan al fundente en la protección del metal fundido en la región del arco.

El elemento principal en el proceso de soldadura por arco con electrodo revestido es el electrodo en sí mismo. Está hecho de un núcleo de metal sólido, alambre, cubierto con una capa de fundente granular que se mantiene en el lugar por algún tipo de agente aglutinante. Todos los electrodos de acero al carbono y baja aleación usan esencialmente el mismo tipo de alambre de núcleo de acero, de bajo carbono, acero efervescente. Cualquier aleación es provista por el recubrimiento, debido a que es más económico agregar aleantes de esta manera. El recubrimiento del electrodo es la característica que clasifica a los distintos tipos de electrodos. Realmente sirven para cinco funciones diversas.

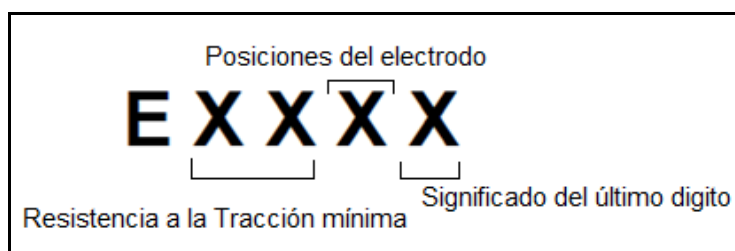
- 1. Protección:** el recubrimiento se descompone para formar una protección gaseosa para el metal fundido.
- 2. Desoxidación:** el recubrimiento provee una acción de flujo para remover el oxígeno y otros gases atmosféricos.
- 3. Aleante:** el recubrimiento provee elementos aleantes adicionales para el depósito de soldadura.
- 4. Ionización:** el recubrimiento mejora las características eléctricas para incrementar la estabilidad del arco.
- 5. Aislación:** la escoria solidificada provee una cobertura de aislación para disminuir la velocidad de enfriamiento del metal (el efecto menos importante).



**Figura 1.5:** Soldadura por arco con electrodo revestido (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)

Debido a que el electrodo es una característica tan importante del proceso de soldadura por arco con electrodo revestido, es necesario entender cómo se clasifican e identifican los distintos tipos. La American Welding Society ha desarrollado un sistema para la identificación de los electrodos de soldadura por arco con electrodo revestido. La Figura 1.6 ilustra las distintas partes de este sistema.

Las Especificaciones de la American Welding Society A5.1 y A5.5 describen los requerimientos para los electrodos de acero al carbono y de baja aleación respectivamente. Describen las distintas clasificaciones y características de esos electrodos



**Figura 1.6:** Sistema de identificación de electrodos SMAW (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)

Se establece que para electrodo la identificación consiste de una “E”, seguida por cuatro o cinco dígitos. Los primeros dos o tres números se refieren a la mínima

resistencia a la tracción del metal de soldadura depositado. Esos números expresan la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada. Por ejemplo, “70” significa que la resistencia del metal soldadura depositado es al menos 70000 psi.

Los números siguientes se refieren a las posiciones en las cuales el electrodo puede ser usado. Una “1” indica un electrodo que es apto para ser usado en cualquier posición. Un “2” indica que el metal fundido es tan fluido que el electrodo sólo puede ser usado en las posiciones plana o filete horizontal. Un “4” significa que el electrodo es apto para soldar en progresión descendente. El número “3” no está asignado. El último número describe otras características que son determinadas por la composición del revestimiento presente en el electrodo. Este recubrimiento determinará las características de operación y corriente eléctrica recomendada: AC (corriente alterna), DCEP (corriente continua, electrodo positivo), DCEN (corriente continua, electrodo negativo). La tabla 1.1 enumera el significado del último dígito del sistema de identificación de electrodos SMAW.

Es importante notar que aquellos electrodos que terminan en “5”, “6” u “8” se clasifican como del tipo de “bajo hidrógeno”. Para mantener este bajo contenido de hidrógeno (humedad), deben ser almacenados en su envase original de fabricación o en un horno de almacenamiento aceptable. Este horno debe ser de calentamiento eléctrico y debe tener una capacidad de control de temperatura en un rango de 150 a 350 F. Debido a que este dispositivo ayuda a mantener el bajo contenido de humedad (menor al 0,2%), debe ser ventilado en forma adecuada. Cualquier tipo de electrodo de bajo hidrógeno que no será usado inmediatamente deberá ser colocado en el horno de mantenimiento, tan pronto como su contenedor hermético sea abierto. La mayor parte de los códigos requieren que los electrodos de bajo hidrógeno sean mantenidos a una temperatura mínima del horno de 120 C (250 F) luego de ser quitados del contenedor sellado correspondiente. De todas formas, es importante notar que los electrodos distintos a los arriba mencionados pueden dañarse si son colocados en el horno. Algunos tipos de electrodos son diseñados para tener algún nivel de humedad.

Si esta humedad es eliminada, las características de operación del electrodo serán significativamente deterioradas.

**Tabla 1.1:** Significado del último dígito de la identificación de SMAW (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)

Clasificación	Corriente	Arco	Penetración	Revestimiento y Escoria	Polvo de Hierro
F3 EXX10	DCEP	Enérgico	Profunda	Celulosa - sodio	0 — 10 %
F3 EXXX1	AC y DCEP	Enérgico	Profunda	Celulosa - potasio	0 %
F2 EXXX2	AC y DCEN	Medio	Media	Rútilico - sodio	0 — 10 %
F2 EXXX3	AC y DC	Suave	Baja	Rútilico - potasio	0 — 10 %
F2 EXXX4	AC y DC	Suave	Baja	Rútilico - polvo de hierro	25 — 40 %
F4 EXXX5	DCEP	Medio	Media	Bajo hidrógeno - sodio	0 — 10 %
F4 EXXX6	AC o DCEP	Medio	Media	Bajo hidrógeno - potasio	0 %
F4 EXXX8	AC o DCEP	Medio	Media	Bajo hidrógeno - polvo de hierro	25 — 45 %
F1 EXX20	AC o DC	Medio	Media	Oxido de hierro - sodio	0 %
F1 EXX24	AC o DC	Suave	Baja	Rútilico - polvo de hierro	50 %
F1 EXX27	AC o DC	Medio	Media	Oxido de hierro - polvo de hierro	50 %
F1 EXX28	AC o DCEP	Medio	Media	Bajo hidrógeno - polvo de hierro	50 %

Nota : El porcentaje de polvo de hierro está basado en el peso del revestimiento.

### 1.1.6 Discontinuidades en el Metal de Soldadura Depositado

En general, una discontinuidad es descripta como una interrupción en la naturaleza uniforme de un ítem. Por eso, un pozo en una autopista puede ser considerado como un tipo de discontinuidad, porque interrumpe la superficie suave y uniforme del pavimento. En soldadura los tipos de discontinuidades que nos preocupan son cosas como: fisuras, poros, falta de fusión, socavación, etc.

El conocimiento de estas discontinuidades es importante para el inspector de soldadura por un número de razones. Primero, el inspector va a ser contratado para inspeccionar visualmente las soldaduras para determinar la presencia de alguna de estas discontinuidades. Si son descubiertas, el inspector de soldadura debe ser capaz de describir su naturaleza, ubicación y tamaño. La información va a ser requerida para determinar si esa discontinuidad requiere o no reparación, de acuerdo con las especificaciones del trabajo.

Antes de describir esas discontinuidades, es extremadamente importante comprender la diferencia entre discontinuidad y defecto. Muy a menudo, la gente erróneamente

intercambia ambos términos. Mientras que una discontinuidad es algo que introduce una irregularidad en una estructura que de otra manera sería uniforme, un defecto es una discontinuidad específica que puede comprometer el comportamiento de la estructura para el propósito que fue diseñada. Esto es, un defecto es una discontinuidad de un tipo definido, de un tamaño suficiente como para que la estructura o el objeto particular sean inapropiados para el uso o servicio para el que fueron diseñados, basándose en el criterio del código aplicable.

Para determinar si una discontinuidad es un defecto, debe haber alguna especificación que defina los límites aceptables de la discontinuidad. Cuando su tamaño o concentración excedan esos límites, es considerado un defecto. Por esto podemos pensar que un defecto es una “discontinuidad rechazable”. Por eso, si nos referimos a algún aspecto como un defecto, implica que es rechazable y requiere alguna clase de tratamiento posterior para llevarlo a los límites de aceptación de algún código.

Dependiendo del tipo de servicio para el cual la parte fue diseñada, una discontinuidad puede o no ser considerada un defecto. Como consecuencia, cada industria usa un código o especificación, que describe los límites de aceptación para estas discontinuidades que puedan afectar el desempeño satisfactorio de estas partes. Por ello, la discusión siguiente de discontinuidades de soldadura va a tratar con las características, causas y efectos, sin referencia específica a su aceptación. Solamente después de su evaluación y de acuerdo con la especificación aplicable, puede hacerse un juicio de valor acerca de la aceptabilidad o no de una discontinuidad.

De todos modos, nosotros podemos hablar en general de la criticidad o de los efectos de ciertas discontinuidades. Hay ciertas discontinuidades son inaceptables como la falta de fusión y fisuras, sin tomar en cuenta su tamaño o extensión, mientras que la presencia de una menor cantidad de otros es considerada aceptable. Una manera de explicar esto es teniendo en cuenta la configuración específica de esa discontinuidad. Las configuraciones de las discontinuidades pueden ser separadas en dos grupos generales, lineales y no lineales. Las discontinuidades lineales exhiben longitudes

que son mucho mayores que sus anchos. Las discontinuidades no lineales, tienen básicamente, igual ancho e igual largo. Una discontinuidad lineal presente en la dirección perpendicular a la tensión aplicada, representa una situación más crítica que una no lineal; debido a la mayor.

Otra manera en la cual la forma de una discontinuidad determina su criticidad, o efecto sobre la integridad de la estructura; es la condición de sus extremos. Entendemos por la condición de sus extremos al filo de sus extremidades. En general, cuánto más filoso sea el extremo de una discontinuidad, más crítico es. Esto es porque una discontinuidad filosa tiene más tendencia a la propagación de una fisura, o a crecer. Nuevamente, esto depende de la orientación respecto de la tensión aplicada. Generalmente asociamos discontinuidad lineal con una condición de extremo filoso. Por eso, si hay una discontinuidad lineal con una condición de extremo afilada y en dirección transversal a la tensión aplicada, esto representa la situación más desfavorable respecto a la capacidad de ese componente para soportar una carga aplicada.

Habiendo provisto esta información básica sobre discontinuidades en forma general, vamos a observar algunas de las más comunes discontinuidades encontradas durante las actividades normales de inspección, ver figura 1.7 – 1.28. Las definiciones de discontinuidades pueden ser encontradas en AWS STANDARD, A3.0, “Standard Welding Terms and Definitions módulo “Key Terms and Definitions”.

1. Fisura
2. falta de fusión
3. falta de penetración
4. inclusión
5. inclusión de escoria
6. inclusión de tungsteno
7. porosidad
8. socavación
9. socavación de cordón (underfill)
10. solapado

11. convexidad
12. sobreespesor de soldadura
13. corte de arco
14. salpicaduras
15. grietas/pliegues (seam/lap)
16. dimensional

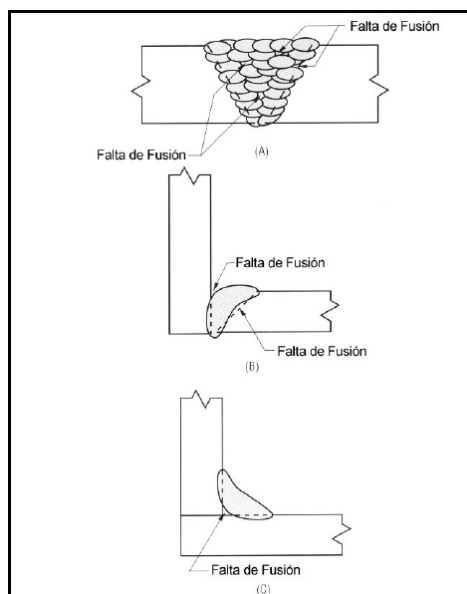


**Figura 1.7:** Discontinuidades - Fisura longitudinal (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.8:** Discontinuidades - Fisura transversal (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)

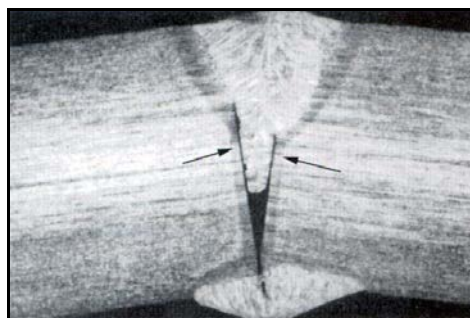




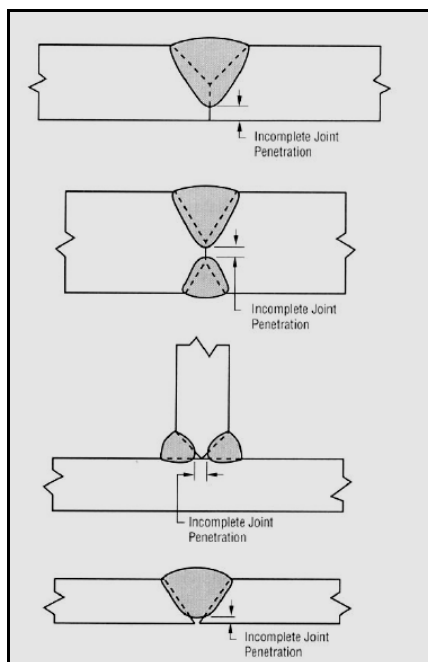
**Figura 1.9:** Discontinuidades - Falta de fusión (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.10:** Discontinuidades - Falta de fusión en la superficie de la soldadura (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.11:** Discontinuidades - Falta de fusión entre el metal de soldadura y el metal base (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.12:** Discontinuidades - Ejemplo de juntas con falta de penetración (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.13:** Discontinuidades - Inclusiones de escoria (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.14:** Discontinuidades - Poros distribuidos uniformemente (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



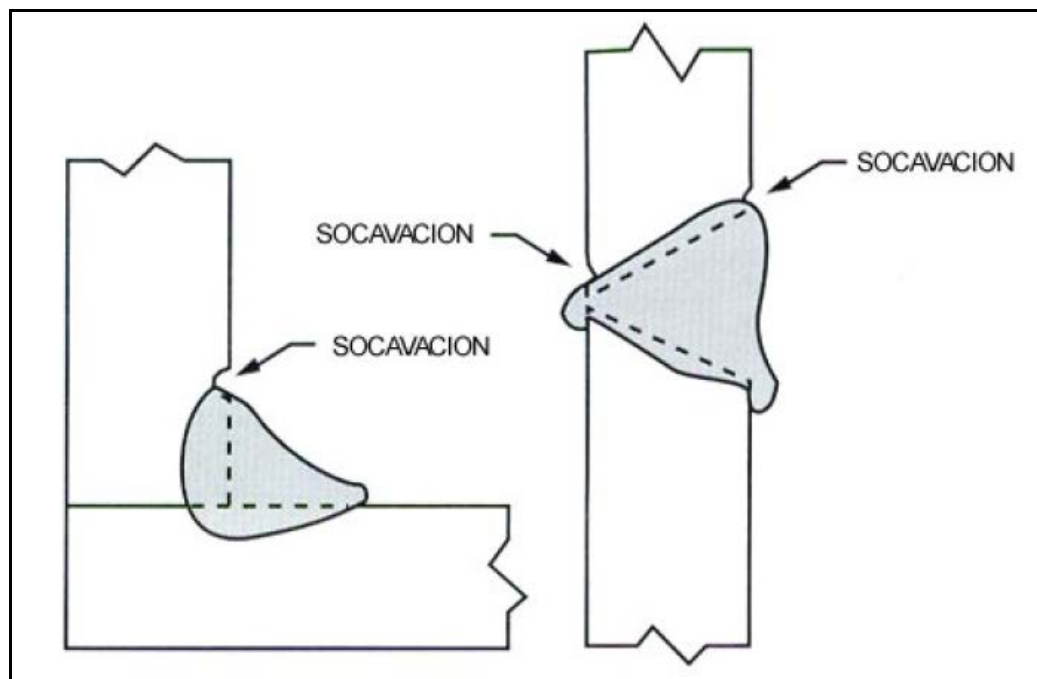
**Figura 1.15:** Discontinuidades - Poros superficiales alineados unidos por una fisura longitudinal (fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)



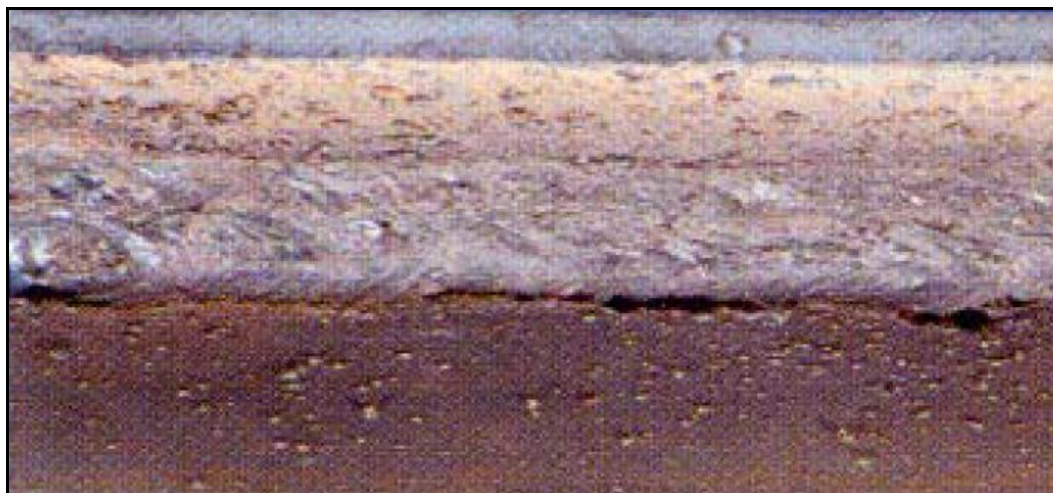
**Figura 1.16:** Discontinuidades - Poros superficiales aislados (fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)



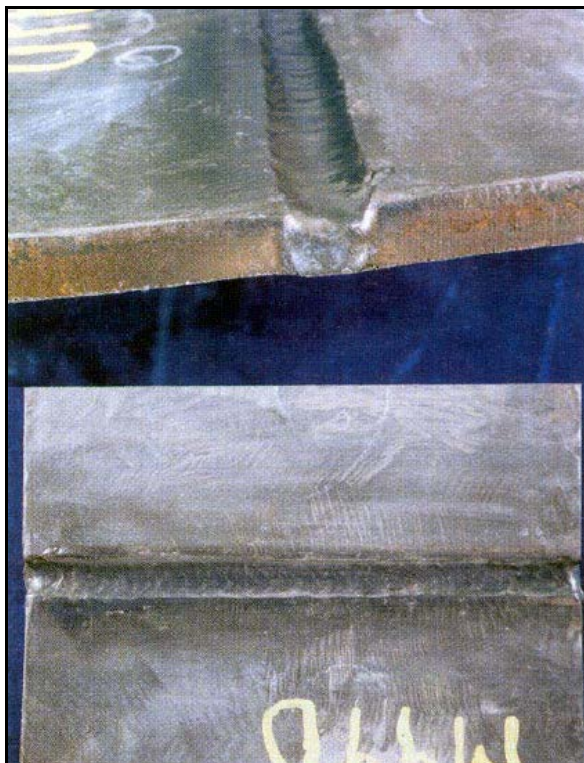
**Figura 1.17:** Discontinuidades - Poros superficiales alargados (fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)



**Figura 1.18:** Discontinuidades - Apariencia típica de una socavación en soldaduras de filete y con bisel (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



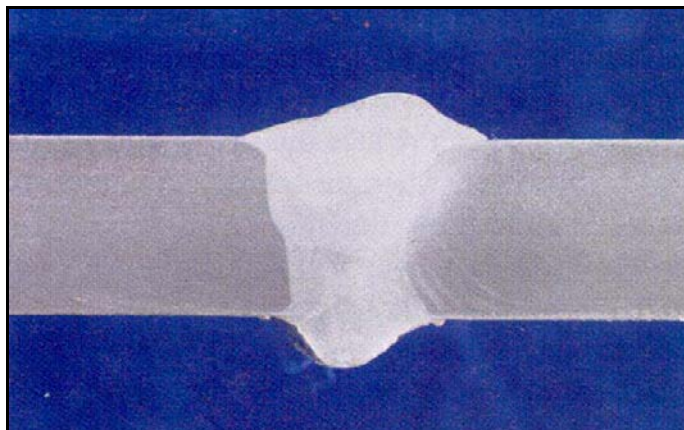
**Figura 1.19:** Discontinuidades - Socavación adyacente a una soldadura de filete (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



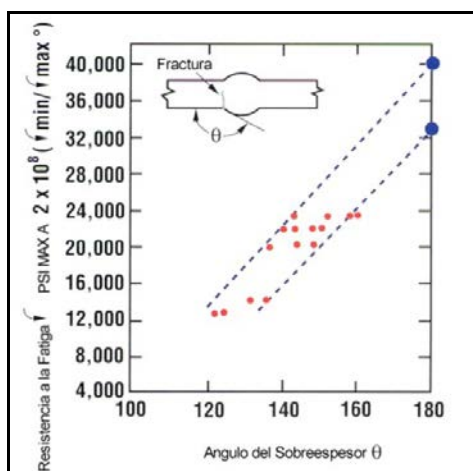
**Figura 1.20:** Discontinuidades - Socavación de cordón en soldaduras con bisel  
(fuente, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)



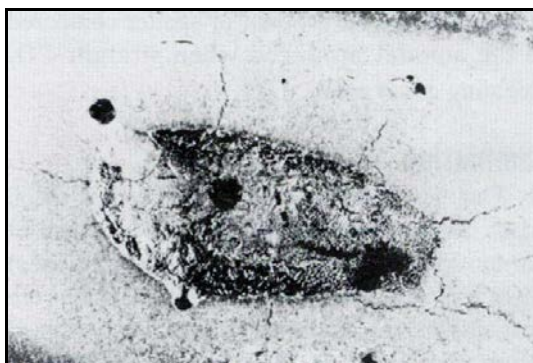
**Figura 1.21:** Discontinuidades - Solapado en soldaduras con bisel y de filete (fuente,  
Welding Inspection Tecnology – 5ta edición)



**Figura 1.22:** Discontinuidades - Sobreespesor y sobreespesor de raíz (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



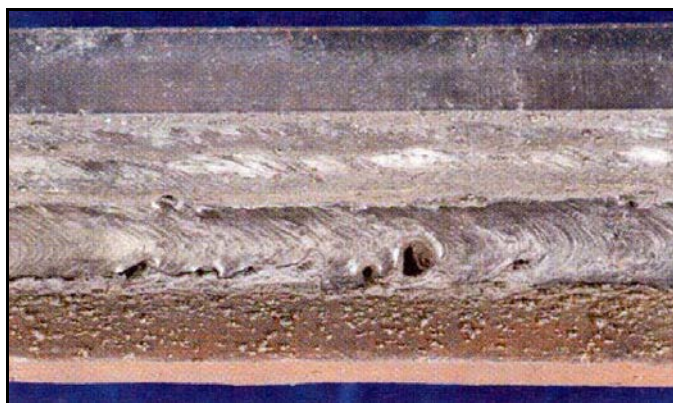
**Figura 1.23:** Discontinuidades - Efecto del sobreespesor de soldadura en la resistencia a la fatiga (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



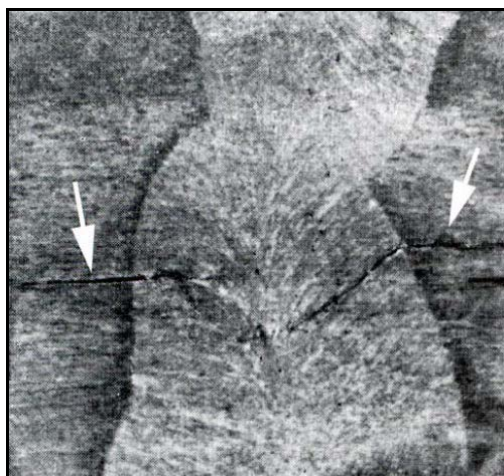
**Figura 1.24:** Discontinuidades - Foto micrografía de una estructura martensítica producida por un golpe de arco (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



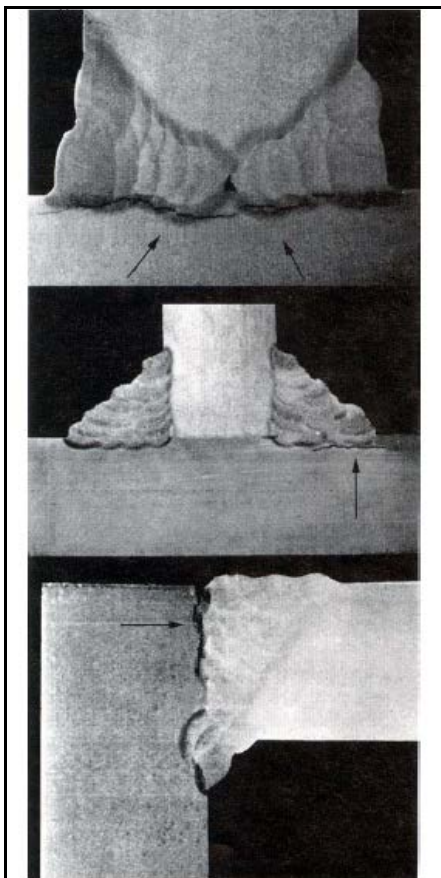
**Figura 1.25:** Discontinuidades - Fisura formada en una salpicadura en la superficie del metal base (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.26:** Discontinuidades – Salpicadura (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.27:** Discontinuidades - Fisura en el metal de soldadura debido a la presencia de laminación (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)



**Figura 1.28:** Discontinuidades - Configuraciones de soldadura que pueden provocar desgarramiento laminar (fuente, Welding Inspection Technology – 5ta edición)

## 1.2 Procedimiento de Soldadura Especifico (WPS)

### 1.2.1 Conceptos Generales

Parte importante de cada proyecto mediante unión por soldadura, tanto si se realiza en el taller o en el campo, es la calificación de procedimientos de soldadura y soldadores u operadores de soldadura. Es uno de los pasos preliminares más importantes en la secuencia de fabricación. Muy frecuentemente los proyectos comienzan sin el beneficio de procedimientos de soldadura y soldadores probados. Esto puede llevar a excesivos porcentajes de rechazo en la producción debido a alguna deficiencia insospechada en la técnica, materiales, o habilidad del soldador.



La mayor parte de los códigos de calificación (**AWS D1.1, ASME IX y API 1104**) ubican la carga de la responsabilidad de calificación en el fabricante o contratista. Por esto, las calificaciones de soldadura son declaraciones por parte de esas compañías, que los procedimientos y personal de soldadura han sido calificados de acuerdo con los códigos y especificaciones adecuadas, y se encontraron aceptables.

La calificación de procedimientos y la competencia del personal de soldadura redundan en una reducción de los costos. Cuando se califican personas y métodos se reducen costos excesivos causados por las soldaduras rechazadas y retrasos en los trabajos. Es mucho más económico encontrar una deficiencia durante la calificación que durante la producción real.

El primero de los pasos en el proceso de calificación es el desarrollo del procedimiento de soldadura. Este debe preceder tanto a la calificación de soldadura (PQR) y soldadura de producción, porque determinará si la técnica y materiales reales son compatibles. En general, la calificación del procedimiento de soldadura se realiza para mostrar la compatibilidad de:

- 1) metal(es) base
- 2) metales de aporte de soldadura
- 3) proceso(s), y
- 4) técnicas

En la calificación de procedimiento de soldadura, observemos la secuencia general para la calificación de un procedimiento a través de un ensayo real

- 1) Seleccionar las variables de soldadura
- 2) Verificar el equipo y materiales para comprobar que sean adecuados
- 3) Monitorear la presentación de la junta de soldadura tanto como la soldadura en sí, registrando todas las variables importantes y observaciones.
- 4) Seleccionar, identificar y retirar las probetas de ensayo requeridas.
- 5) Ensayar y evaluar las probetas

- 6) Revisar los resultados para verificar conformidad con los requerimientos aplicables del código.
- 7) Liberar el procedimiento aprobado para producción.
- 8) Calificar los soldadores individualmente de acuerdo con dicha especificación.
- 9) Monitorear el uso de ese procedimiento durante la producción para asegurar que continúe produciendo resultados satisfactorios.

Los procedimientos son instrucciones de soldadura, por esto, deben estar disponibles sin demora para el soldador durante la producción. Debido a las limitaciones físicas del papel en el ambiente de soldadura, algunas compañías usan hojas plásticas u hojas plastificadas que son suficientemente duraderas para permanecer cerca de la operación de soldadura. Estas contienen toda la información necesaria del procedimiento de soldadura aprobado, de manera que el soldador puede hacer una rápida referencia si surge cualquier pregunta. Esto también ayuda al inspector de soldadura, porque él o ella pueden verificar los requerimientos del procedimiento y compararlos con los parámetros reales que está usando el soldador para la producción. Otro propósito del monitoreo sobre el proceso de la soldadura es detectar cualquier deficiencia en el procedimiento de soldadura que puede aparecer sólo durante la soldadura de producción. Si lo nota, el inspector de soldadura puede reportarlo al supervisor o ingeniero en soldadura de manera que pueda hacerse una acción correctiva

Se han desarrollado formularios estándar para cada código en los cuales se puede sintetizar la información de la calificación del procedimiento, y normalmente se usan por simplicidad. En cada código hay ejemplos de los formularios.

Se hace notar que no se menciona el nivel de habilidad del soldador quién realiza el ensayo de calificación. A pesar que la mayoría de los códigos considerará al soldador que realiza la soldadura como calificado automáticamente, la calificación de procedimiento no tiene la intención de juzgar la habilidad del soldador. A pesar que cada código maneja la calificación de procedimientos de soldadura en forma ligeramente diferente, el propósito general es el mismo.

Hay tres aproximaciones generales a la calificación de procedimientos. Estos incluyen los procedimientos precalificados, ensayo de calificación de procedimientos, y ensayos sobre prototipos para aplicaciones especiales. Los ensayos sobre prototipos pueden usarse simplemente para suplementar otros métodos más estándares de calificación de procedimiento.

Las variables esenciales son aquellas características del proceso de soldadura que, si se cambian más allá de ciertos límites, requieren que se establezca un nuevo procedimiento de soldadura. Esto es, que son suficientemente importantes para que, si varían en forma significativa, puedan resultar soldaduras no satisfactorias. Para cada proceso de soldadura se listan las variables esenciales.

### **1.2.2 Calificación en el Sistema ASME IX**

El código de calificación ASME IX no admite procedimientos de soldadura precalificados (no requieren ensayos de calificación). Para calificar en ese sistema, se realiza haciendo un ensayo de soldadura. Antes de ejecutar los ensayos destructivos, primero se inspecciona visualmente (IV) antes, durante y después de la soldadura, y si es satisfactorio se procede a los ensayos destructivos. El ASME sección IX, Welding and Brazing Qualifications, cubre la calificación de brazing tanto como de soldadura para la fabricación de recipientes y cañerías a presión.

Las variables esenciales definidas dictan el alcance de una calificación de procedimiento dada. Esto es, una vez que se exceden dichas limitaciones, se debe desarrollar otro procedimiento. Dentro de esas variables esenciales se incluyen puntos como el proceso de soldadura, parámetros de soldadura, tipos de metal base, espesor del metal base, tipos y tamaños de metales de aporte, y técnicas específicas de soldadura. En el sistema ASME, esas variables esenciales se deben establecer en una Especificación de Procedimiento de Soldadura (EPS (WPS)). Enumerará los rangos totales de cada una de las variables esenciales. Debido a que dichos rangos pueden exceder los límites para distintas variables esenciales, para una cobertura total pueden requerirse varios ensayos de calificación. Las condiciones de ensayo

reales se registran en un segundo documento, el Registro de Calificación de Procedimientos, (RCP (PQR)). En consecuencia, puede haber numerosos RCP (PQR) que hacen referencia a una única EPS (WPS).

Una vez que se definieron dichas variables para un procedimiento determinado, de manera que incluyan todas las condiciones que se encontrarán durante la soldadura de producción, es soldada una probeta de soldadura para calificación de procedimiento. Para ASME puede ser tanto chapa o tubular de manera que se obtenga la calificación de procedimiento para ambas formas. Se retiran las probetas de ensayo requeridas y se ensayan por métodos destructivos y/o por ensayos no destructivos alternativos, a ser juzgados como aprobadas o rechazadas basados en los requerimientos correspondientes.

Para ASME, la calificación de procedimientos en la posición plana califica dicho procedimiento para todas las posiciones.

Los ensayos están diseñados para evaluar los efectos de las técnicas de soldadura y la compatibilidad de los metales base y los de aporte. Algunos de los ensayos más comunes que se usan para la calificación son de tracción, plegado, nick-break, macroataque, rotura de filete, y ensayos no destructivos.

### **1.3 Calificación de Personal de Soldadura (WPQ)**

Una vez que se calificó el procedimiento de soldadura no tiene ninguna utilidad hasta que los soldadores hayan sido calificados para realizar soldadura de acuerdo a dicho procedimiento. Esas son dos operaciones separadas porque sirven para distintos propósitos, como se explicará en la siguiente discusión. Asumamos que se establecieron y aprobaron los procedimientos de soldadura apropiados a través de uno u otro método. Ahora es necesario realizar los ensayos de calificación de soldador para determinar si los soldadores individuales poseen la habilidad suficiente para producir soldaduras satisfactorias usando dichos procedimientos.

Antes, el interés estaba en la compatibilidad de materiales y técnicas. Una vez que fueron probados, las calificaciones individuales de soldador están diseñadas para juzgar el nivel de habilidad de los soldadores de producción. En consecuencia, el ensayo de calificación de soldador es algo diferente.

A pesar de que es diferente en ciertos aspectos, la calificación de soldador tiene ciertas similitudes cuando se la compara con la calificación de procedimiento. Entre estas la existencia de variables esenciales. En el caso de calificación de soldador, estas pueden incluir posición de soldadura, configuración de la junta, tipo y tamaño de electrodo, espesor del metal base, y técnica específica de soldadura. Estas características están todas relacionadas con los aspectos de la operación de soldadura que están afectados directamente por la habilidad física del soldador.

Los códigos en general son específicos para las limitaciones de las variables esenciales. Una vez calificado, el soldador tiene permitido soldar en producción en la medida que la soldadura no involucre posiciones, espesores, electrodos, etc., que estén fuera de los límites de la calificación. La mayor parte de los códigos permiten que la calificación se mantenga en el tiempo en la medida que el soldador continúe usando satisfactoriamente el proceso, en producción. Sin embargo, si el inspector en soldadura o el supervisor de personal nota un desempeño no satisfactorio, se le puede requerir al soldador que realice otro ensayo de calificación y/o mayor entrenamiento. La certificación (documentación de la calificación) puede terminarse cuando un soldador abandona un empleador y es empleado por otro. Debido que cada fabricante o contratista es responsable por la calificación de su propio procedimiento y soldadores, los códigos requieren generalmente que un soldador sea calificado por cada empleador por separado.

Para resumir lo anterior, la secuencia general para la calificación de un soldador es:

- 1) Identificar las variables esenciales.
- 2) Verificar el equipo y los materiales para asegurar que sean adecuados.
- 3) Verificar la configuración y posición de la probeta de ensayo.

- 4) Monitorear la soldadura real para asegurar que cumple con el procedimiento de soldadura aplicable.
- 5) Seleccionar, identificar y remover las probetas de soldadura requeridas.
- 6) Ensayar y evaluar las probetas.
- 7) Completar los formularios correspondientes.
- 8) Controlar la soldadura de producción

## **CAPITULO II: CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA ESPECÍFICO Y LA HABILIDAD DEL PERSONAL DE SOLDADURA**

### **2.1 Elaboración del Procedimiento de Soldadura Especifico (WPS)**

La calificación del Procedimiento de Soldadura Especifico y la Habilidad del Personal de Soldadura son para el soldeo de un tanque metálico “ASME VIII DIV.1”. Algunas vistas principales del Tanque Metálico extraídos de los planos de detallamiento (planos de fabricación) son mostradas en las figuras 2.1 y 2.2

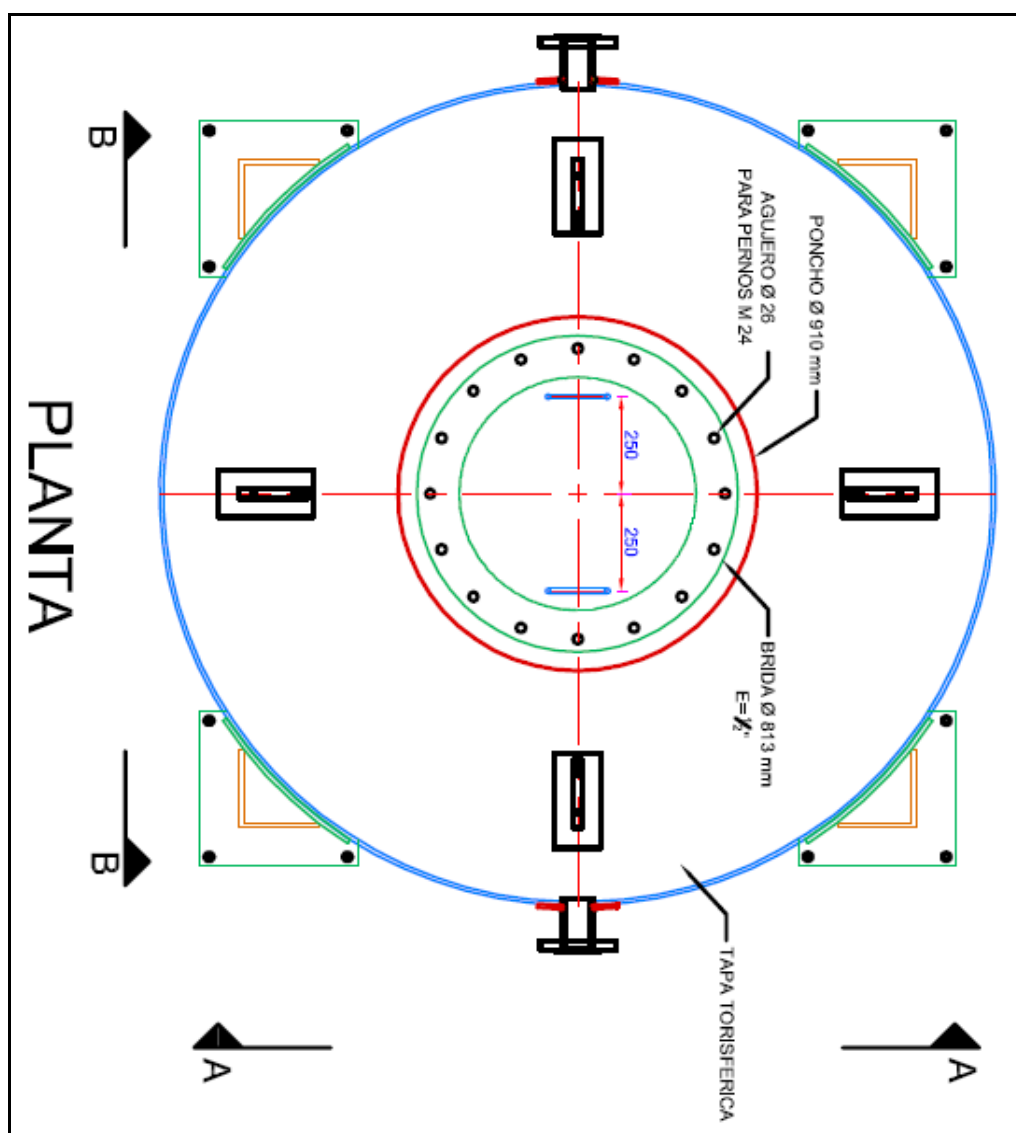
El material base del cuerpo, tapas y cuello del Tanque Metálico de acuerdo al plano de fabricación es ASTM A36 de 9.5 mm

Según el código de fabricación ASME VIII Div.1 la calificación del Procedimiento de Soldadura Especifico debe realizarse cumpliendo los requerimientos del código de calificación ASME IX.

El proceso de soldadura fue seleccionado por el fabricante con la aprobación respectiva del cliente, dicho proceso es SMAW (Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido)

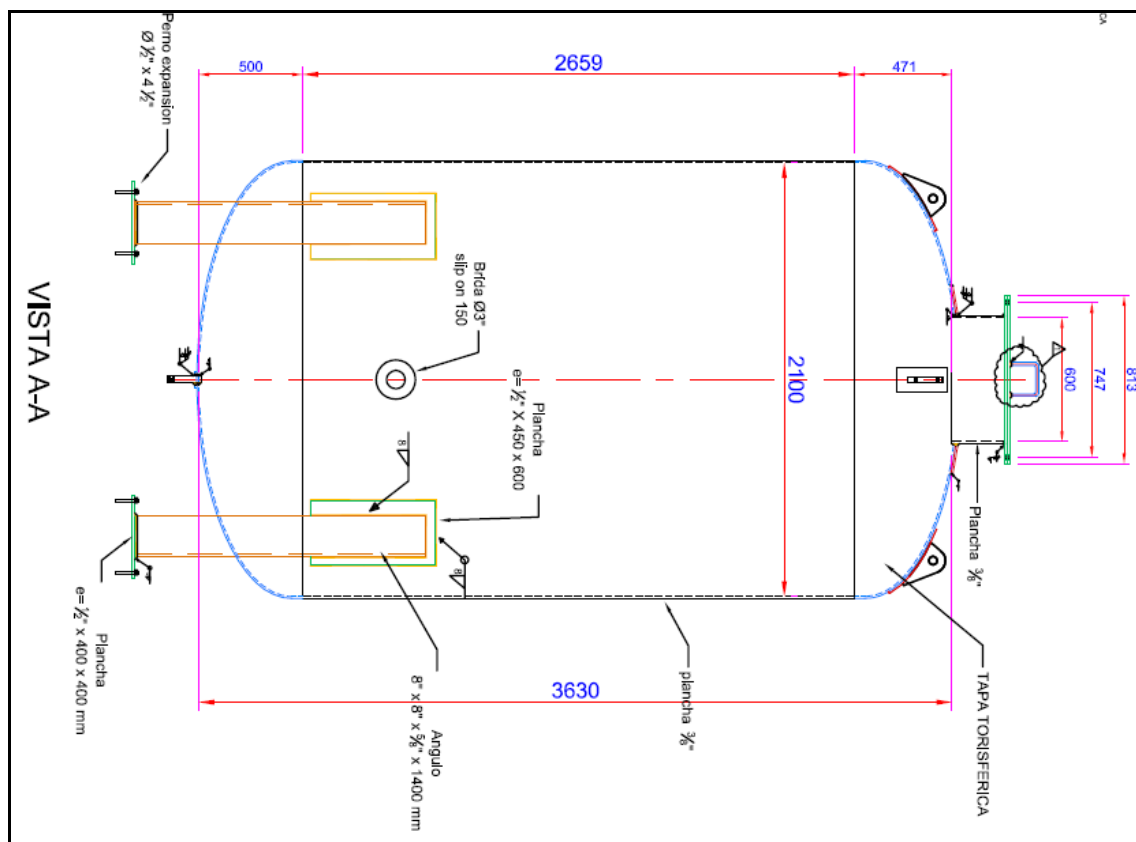
El código ASME IX en lo referente a la calificación del Procedimiento de Soldadura Especifico se interesa por la compatibilidad de los metales base con el metal de aporte (unión metalúrgica), la cual debe resistir Ensayos de Doblez, Ensayos de Tracción y otros en caso apliquen (Radiografía, Ensayo Charpy, etc.). Para nuestro caso el código menciona que cuándo se realiza calificaciones en plancha califica

también en tubo y viceversa, y que si se califica en una posición específica califica para todas las posiciones. En lo referente a la calificación del Personal de Soldadura se evalúa la destreza del soldador para realizar soldaduras exentas de defectos en las posiciones evaluadas y demás variables esenciales requeridas para realizar la soldadura de producción.



**Figura 2.1:** Vista de planta del tanque (fuente – plano de la empresa SFC)





**Figura 2.2:** Vista de perfil del tanque (fuente – plano de la empresa SFC)

### 2.1.1 Preparación del Cupón

La calificación se realizó preparando un cupón (9.5 mm x 8" x 12") con tipo de junta a tope, el cupón está formado por dos planchas ASTM A36 de 9.5 mm x 4" x 12", apuntaladas en posición vertical mediante electrodos de bajo contenido de hidrogeno E7018, ver figuras 2.3 y 2.4

Las partes de la junta son: talón, abertura de raíz, profundidad del bisel y la medida del ángulo de ranura. La configuración de la junta utilizada en la calificación fue seleccionada en base a experiencia de trabajos anteriores, detalle de planos de fabricación y recomendaciones de la AWS; el esquema de la configuración de la junta es mostrada en la figura 2.5.

Los valores de las partes de la junta utilizados son:

$\alpha$ : ángulo de bisel =  $60^\circ$ ,

R: abertura de raíz = 2.5-3.5 mm

f: talón = 2-3 mm

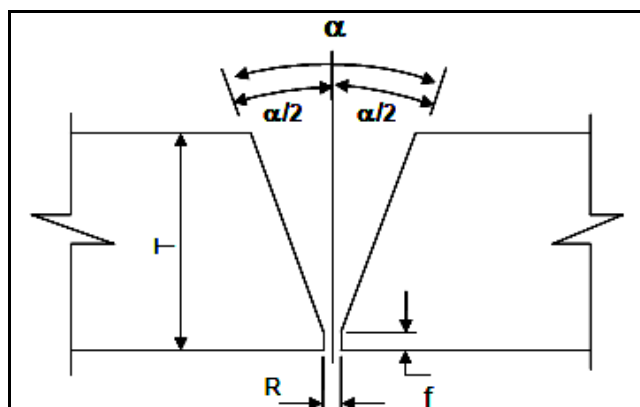
T: espesor = 9.5 mm



**Figura 2.3:** Preparación del cupón



**Figura 2.4:** Cupón en posición vertical 3G



**Figura 2.5:** Configuración de la junta (fuente, ASME IX -2010)

### 2.1.2 Soldadura del Cupón

Se seleccionó adecuadamente las variables de soldadura en base a requerimientos y planos de fabricación, código de fabricación, experiencia de trabajos anteriores, y recomendaciones de la AWS, las variables están agrupadas en no esenciales, esenciales y suplementarias esenciales; las variables no esenciales no requieren recalificación cuando en la soldadura de fabricación se cambia un valor o rango de valores, pero las variables esenciales y suplementarias esenciales requieren recalificación cuando en la soldadura de fabricación se cambia un valor o rango de valores, en este caso no se considera las variables suplementarias esenciales ya que estas se utilizan para condiciones especiales (soldaduras con gran resistencia al impacto, corrosión, etc). Para determinar que variables son esenciales o no esenciales se selecciona en base la tabla 2.1.

Las variables utilizadas en la calificación del Procedimiento de Soldadura Especifico fueron:

#### *Junta*

- Junta: en ranura con bisel en “V”
- Con material o soldadura de respaldo: soldadura de respaldo
- Abertura de raíz: 3 mm

*Material base*

- P number material base: P1 (acero de bajo carbón ASTM A36)
- Espesor: 9.5 mm

*Metal de aporte*

- E6011 / E7018 (electrodo celulósico de gran penetración / electrodo de bajo hidrogeno de gran resistencia)
- F number: F3 / F4
- A number: A5.1 / A5.1
- Diámetro de electrodos: 3.2 mm / 3.2 mm

*Posición*

- Posición vertical, 3G
- Progresión ascendente

*Pre calentamiento, temperatura entre pases y tratamiento post-calentamiento*

- No se requiere.

*Características eléctricas*

- Corriente y polaridad: corriente continua y polaridad invertida

*Técnica*

- Técnica de oscilación: rectilíneo / oscilado
- Método de limpieza: escobillado y esmerilado
- Método de acanalado: canal en U mediante esmerilado
- Pasada(s) simple o múltiple: múltiple
- Manual, mecanizado, semiautomático, automático: manual

**Tabla 2.1:** Variables de soldadura proceso SMAW (fuente ASME IX-2010, QW-253)

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ϕ Groove design			X
	.4	- Backing			X
	.10	ϕ Root spacing			X
	.11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ϕ Group Number		X	
	.6	T Limits impact		X	
	.8	ϕ T Qualified	X		
	.9	ℓ Pass > ½ in. (13 mm)	X		
	.11	ϕ P-No. qualified	X		
QW-404 Filler Metals	.4	ϕ F-Number	X		
	.5	ϕ A-Number	X		
	.6	ϕ Diameter			X
	.7	ϕ Diameter > ¼ in. (6 mm)		X	
	.12	ϕ Classification		X	
	.30	ϕ ℓ	X		
QW-405 Positions	.33	ϕ Classification			X
	.1	+ Position			X
	.2	ϕ Position		X	
QW-406 Preheat	.3	ϕ ↑↓ Vertical welding			X
	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	.2	ϕ Preheat maint.			X
QW-407 PWHT	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	
	.1	ϕ PWHT	X		
	.2	ϕ PWHT (T & T range)		X	
QW-409 Electrical Characteristics	.4	T Limits	X		
	.1	> Heat input		X	
	.4	ϕ Current or polarity		X	X
QW-410 Technique	.8	ϕ I & E range			X
	.1	ϕ String/weave			X
	.5	ϕ Method cleaning			X
	.6	ϕ Method back gouge			X
	.9	ϕ Multiple to single pass/side		X	X
	.25	ϕ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X
.64	Use of thermal processes	X			

Legend:  
+ Addition      > Increase/greater than      ↑ Uphill      ← Forehand      ϕ Change  
- Deletion      < Decrease/less than      ↓ Downhill      → Backhand

Para saber seleccionar las variables a usar (secuencia de soldadura, voltaje, amperaje, tipo y diámetro de electrodo, tipo de corriente y polaridad, velocidad de

avance, método de limpieza, temperatura de precalentamiento y entre pases, etc.) se realizó en base a la experiencia de trabajos anteriores, código de fabricación, requerimientos y planos de fabricación y recomendaciones de la AWS. Después de la selección se procedió con el inicio de la soldadura en posición vertical (3G) progresión ascendente, ver figura 2.6 y 2.7.



**Figura 2.6:** Soldadura del cupón en posición vertical – parte 1

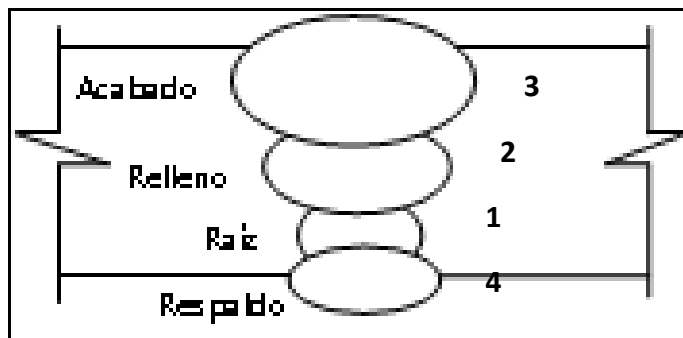


**Figura 2.7:** Soldadura del cupón en posición vertical – parte 2

En el pase raíz se utilizó electrodo E6010 AP 1/8" y en los demás pases E7018 1/8".

La secuencia de soldadura con penetración completa se realizó en cuatro capas de un solo cordón en cada capa, ver figura 2.8. Las capas son: raíz, relleno, cobertura y

soldadura de respaldo (antes de realizar la soldadura de respaldo se realizó un pequeño canal conocido como backgouging)



**Figura 2.8:** Secuencia de soldadura y número de capas de soldadura

Durante la calificación se realizó la inspección visual por parte de un inspector de Control de Calidad (QC) del fabricante, certificado según práctica recomendada de la ASNT SNT TC 1A – VT (Ver anexo 01) y por un inspector de soldadura certificado CWI (Certified Welding Inspector - AWS) de la empresa SOLDEXA (proveedor de electrodos revestidos y máquinas de soldar). Se inspeccionó la raíz, relleno, cobertura y respaldo; la raíz se encontró exenta de los siguientes defectos, ver figura 2.9 y 2.10 (discontinuidades que están dentro del criterio de aceptación del código de calificación): falta de fusión entre el metal base y metal de aporte en el lado interior y exterior del cupón, porosidad, penetración excesiva e irregularidad en el metal depositado. Como la raíz fue aceptable se procedió a soldar el relleno; el relleno estuvo exento de porosidad, falta fusión entre el metal de soldadura y el metal base, escorias e irregularidades, ver figura 2.11 y 2.12. Después se soldó el acabado y el respaldo; los cuales estuvieron exentos de los siguientes defectos: falta de fusión entre el metal base y metal de aporte, porosidad, socavación, sobremonta, golpes de arco en el metal base e irregularidad en el metal depositado, ver figura 2.13-2.15.

Además se corroboró los siguientes parámetros: correcto almacenamiento de los electrodos usados en el pase raíz “E6010 AP” (exento de humedad, contaminación y deterioro), correcto almacenamiento de electrodos usados en los demás pases “E7018” (almacenamiento en hornos portátiles temp. almac. mín. 110°C,

contaminación y deterioro), verificación del amperaje y voltaje entregado por la fuente poder, ver figuras 2.16, 2.17, 2.18 y 2.19.

En el momento de la calificación se realizó el levantamiento de datos de las siguientes variables: pases de soldadura, tipo y diámetro de electrodo, amperaje y voltaje, polaridad, velocidad de avance y progresión de soldadura, ver tabla 2.2



**Figura 2.9:** Raíz aceptada visualmente – parte1



**Figura 2.10:** Raíz aceptada visualmente – parte2





**Figura 2.11:** Relleno aceptado visualmente



**Figura 2.12:** Detalle relleno aceptado visualmente



**Figura 2.13:** Acabado aceptado visualmente – parte1



**Figura 2.14:** Acabado aceptado visualmente – parte2



**Figura 2.15:** Acabado aceptado visualmente – parte3



**Figura 2.16:** Horno de almacenamiento de electrodos E7018 – parte1



**Figura 2.17:** Horno de almacenamiento de electrodos E7018 – parte2



**Figura 2.18:** Horno de almacenamiento de electrodos E7018 – parte3



**Figura 2.19:** Verificación del amperaje de la fuente de poder

**Tabla 2.2:** Parámetros eléctricos

Pases de soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje Rango	Progresión
		Tipo	Diámetro	Tipo - Polar.	Amp. - Rango		
<b>Pase de raíz</b>	SMAW	E 6011	3.2 mm	CC (+)	705-85	21-25	Ascendente
<b>Relleno</b>	SMAW	E 7018	3.2 mm	CC (+)	110-130	21-26	Ascendente
<b>Cobertura</b>	SMAW	E 7018	3.2 mm	CC (+)	110-1305	21-26	Ascendente
<b>Respaldo</b>	SMAW	E 7018	3.2 mm	CC (+)	110-130	21-26	Ascendente

### 2.1.3 Ensayos Mecánicos

Como la inspección visual fue aceptable, se procedió con los ensayos mecánicos, la cantidad de especímenes requeridos y el tipo de ensayo según la tabla 2.3 son:

- Dos ensayos de rotura (tracción)
- Cuatro ensayos de doblado (flexión), dos de cara y dos de raíz.

**Tabla 2.3:** Limites de calificación y tipo y número de ensayos (fuente ASME IX-2010, QW-450)

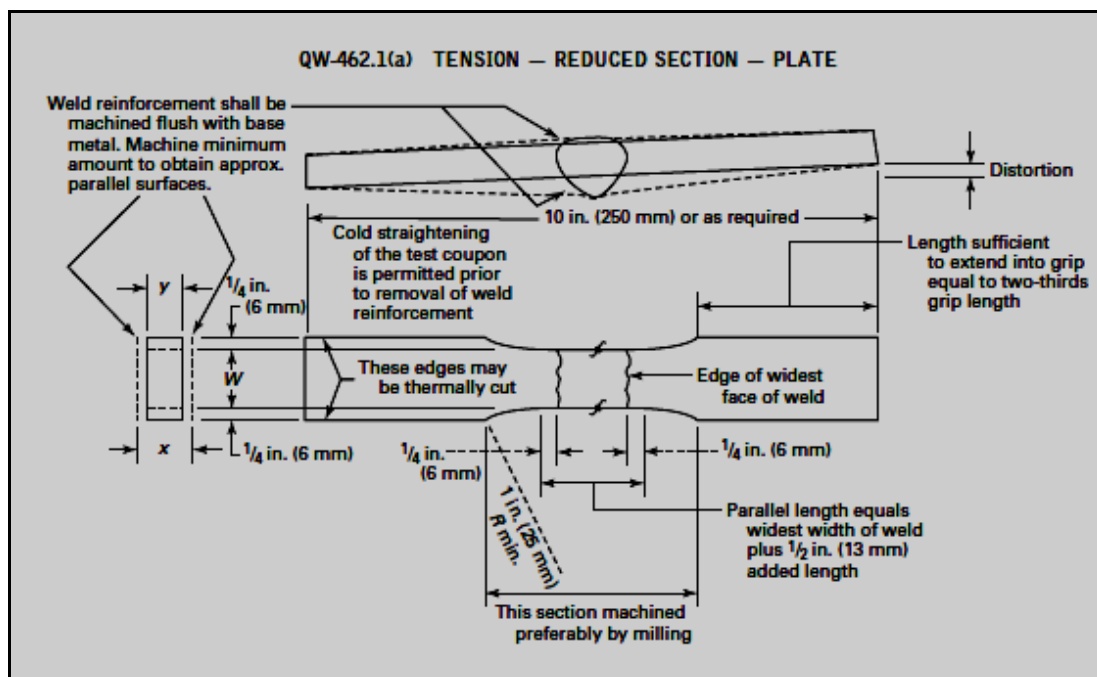
QW-450 SPECIMENS							
QW-451 Procedure Qualification Thickness Limits and Test Specimens							
QW-451.1 GROOVE-WELD TENSION TESTS AND TRANSVERSE-BEND TESTS							
Thickness <i>T</i> of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness <i>T</i> of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Notes (1) and (2)]		Maximum Thickness <i>t</i> of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Notes (1) and (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]			
	Min.	Max.		Tension, QW-150	Side Bend, QW-160	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Less than 3/16 (1.5)	<i>T</i>	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	---	2	2
3/16 to 3/4 (1.5 to 10), incl.	3/16 (1.5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	Note (5)	2	2
Over 3/4 (10), but less than 3/4 (19)	3/16 (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	Note (5)	2	2
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i> when <i>t</i> < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	---	---
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i> when <i>t</i> ≥ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	---	---
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	2 <i>t</i> when <i>t</i> < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	---	---
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when <i>t</i> ≥ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	---	---
Over 6 (150)	3/16 (5)	1.33 <i>T</i>	2 <i>t</i> when <i>t</i> < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	---	---
Over 6 (150)	3/16 (5)	1.33 <i>T</i>	1.33 <i>t</i> when <i>t</i> ≥ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	---	---

NOTES:  
 (1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.  
 (2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.  
 (3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or 2*T*, or 2*t*, whichever is applicable.  
 (4) See QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).  
 (5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness *T* is 3/4 in. (10 mm) and over.

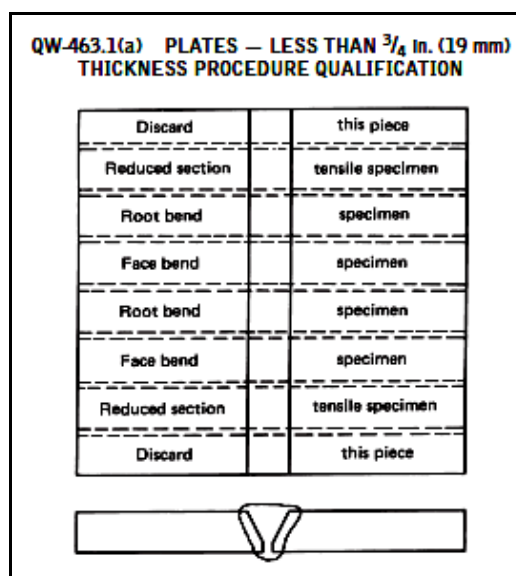
Se extrajo los especímenes (probetas) del cupón para tracción y doblado según la figura 2.20, se procedió con el corte con una amoladora (esmeril) descartando una pulgada en ambos extremos de la plancha.

### 2.1.3.1 Ensayo de Tracción (Rotura)

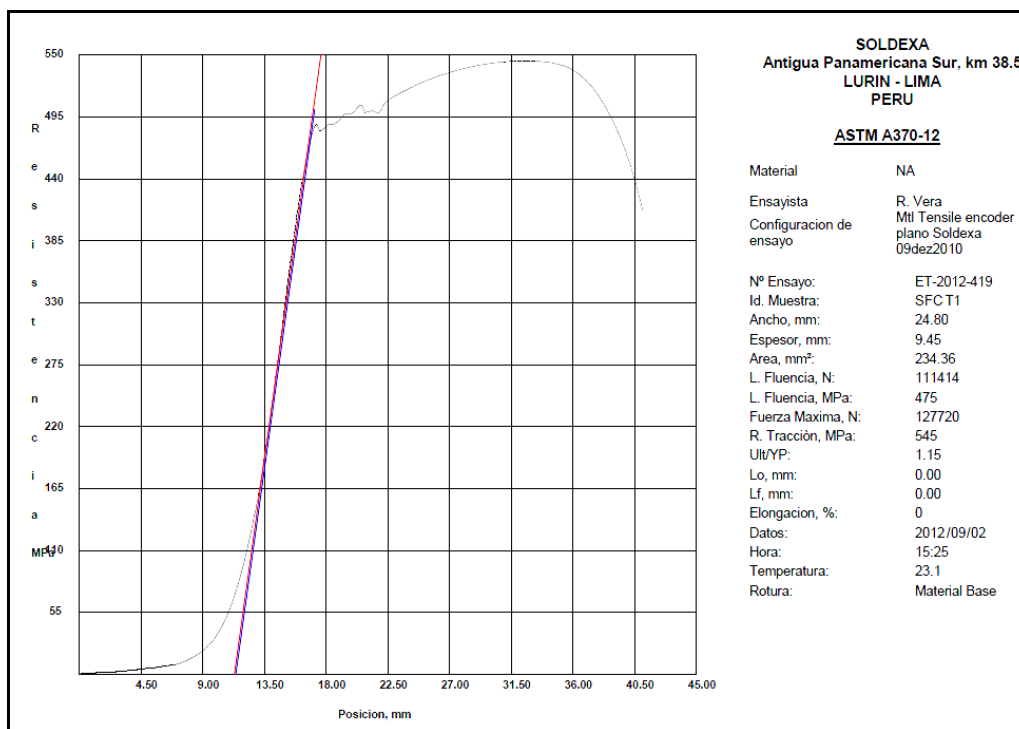
La preparación mecánica de las dos probetas para el ensayo de Tracción se realizó de acuerdo a la figura 2.21. El equipo utilizado fue “TINIUS OLSEN SUPER L 120”, los diagramas “esfuerzo – deformación” obtenidos son mostrados en la figura 2.22 y 2.23, y el informe de tracción es mostrado en la figura 2.24. El ensayo se realizó en el laboratorio de Soldexa cumpliendo los requerimientos del método de ensayo ASTM A370-12.



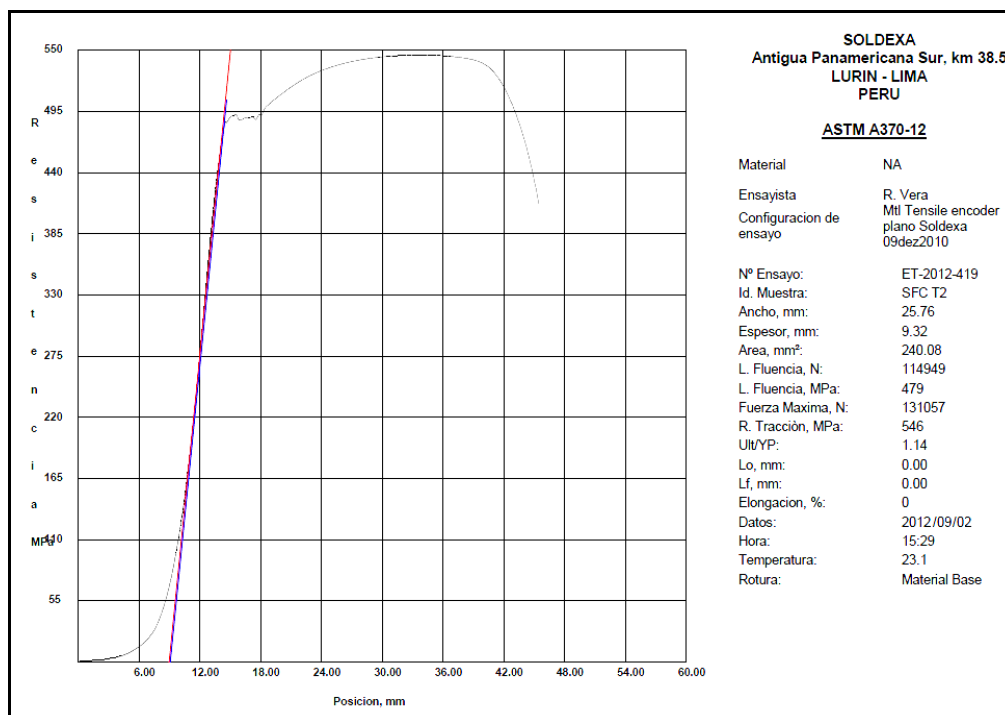
**Figura 2.21:** Preparación de la probeta para el ensayo de tracción (fuente ASME IX-2010, QW-462.1(a))



**Figura 2.20:** Distribución de las probetas a cortar (fuente ASME IX-2010, QW-463.1(a))


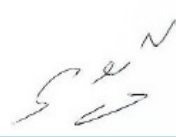


**Figura 2.22:** Diagrama “esfuerzo – deformación” SFC T1 (fuente Laboratorio de SOLDEXA)



**Figura 2.23:** Diagrama “esfuerzo – deformación” SFC T2 (fuente Laboratorio de SOLDEXA)

El ensayo de tracción resulto satisfactorio, ya que los valores obtenidos en el ensayo fueron 475 y 479 Mpa (ver figura 2.16), los cuales están por encima de la resistencia mínima especificada para el material base ASTM A36 (SA-36), 400 Mpa para este material (ver anexo 02), además la rotura se ubicó en el metal base para las dos probetas. El criterio de aceptación usado para el ensayo de tracción se muestra en la figura 2.25.

SOLDEXA		INFORME DE ENSAYO DE TRACCION						CC-F-34	
								Edición 04	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-052								 LABORATORIO DE PRIMERA PARTE	
Nombre de Cliente :		Centro Tecnológico-Soldaduras							
Referencia :		SFC							
Descripción de la Muestra:		Probetas Rectangulares							
Fecha Informe :		2012-09-04							
Informe de Ensayo N° :		ET-2012-419							
Código	Ancho mm	Sección Transversal		CARGAS		TENSIONES		Alargamiento  % Lo	
		Diámetro / Espesor mm	Area mm <sup>2</sup>	Fluencia N	Máxima N	Fluencia MPa	Máxima MPa		
N°									
SFC-T1	24.80	9.45	234.36	111414	127720	475	545	...	
SFC-T2	25.76	9.32	240.08	114949	131057	479	546	...	
OBSERVACIONES : Todas las probetas rompieron en el material base. Material base : ASTM A 36 Material de aporte : E6010 / E7018									
Las dimensiones de la probeta Si(X)/ No() cumplen con la Norma:				ASME IX					
Método de Ensayo :		ASTM A 370-12							
Equipo usado :		TINIUS OLSEN SUPER L 120							
Codigo Interno del equipo :		CC-E-41							
Temperatura de ensayo :		Inicial :23.1°C , Final: 24°C							
Nombre del analista :		R. Vera							
Fecha recepción muestra :		2012-08-20							
Las muestras han sido suministradas por el solicitante									
La incertidumbre expandida es 1 MPa para un nivel de confianza al 95% y un K=2. Prohibida la reproducción total o parcial del reporte sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA Los resultados de este informe solo son válidos para la muestra analizada.									
Antig Panamericana Sur Km 38.5 Lima -Perú				 Jefe de Aseguramiento y Desarrollo de la Calidad Pedro Coloma					
				Telefono : 619 9600 Anexo 2230					

**Figura 2.24:** Informe técnico de tracción (fuente Laboratorio de SOLDEXA)



**QW-153 Acceptance Criteria — Tension Tests**

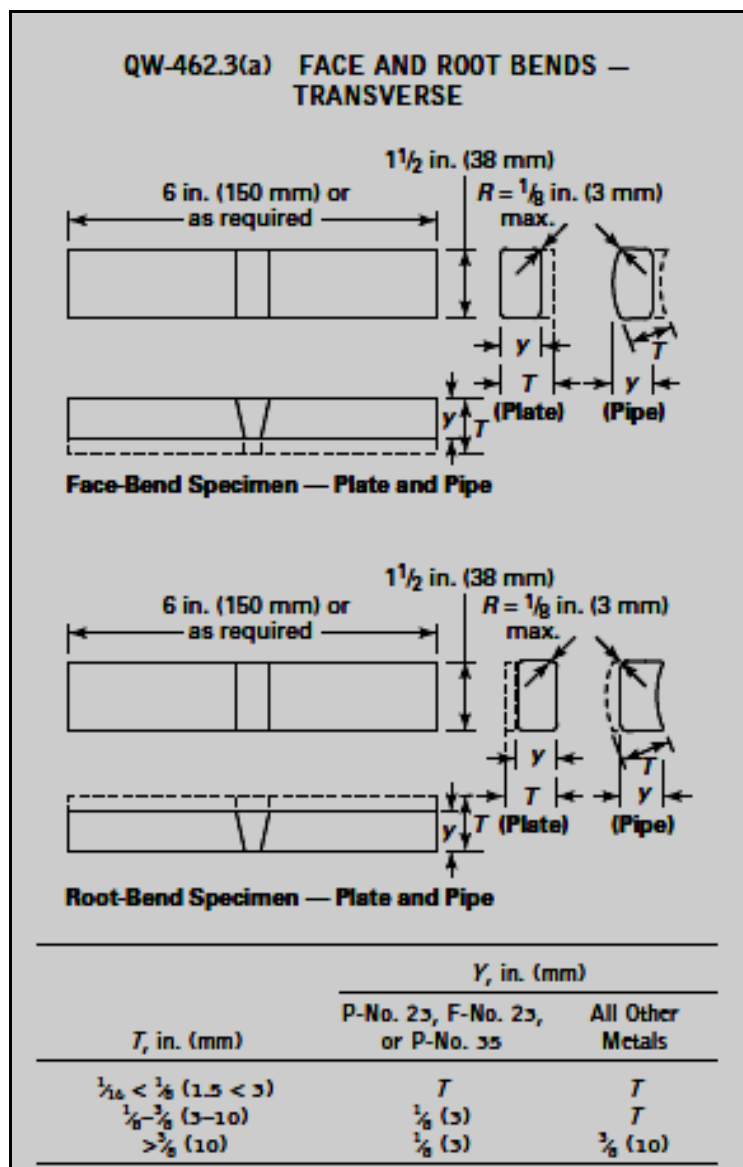
**QW-153.1 Tensile Strength.** Minimum values for procedure qualification are provided under the column heading “Minimum Specified Tensile, ksi” of table QW/QB-422. In order to pass the tension test, the specimen shall have a tensile strength that is not less than

- (a) the minimum specified tensile strength of the base metal; or
- (b) the minimum specified tensile strength of the weaker of the two, if base metals of different minimum tensile strengths are used; or
- (c) the minimum specified tensile strength of the weld metal when the applicable Section provides for the use of weld metal having lower room temperature strength than the base metal;
- (d) if the specimen breaks in the base metal outside of the weld or weld interface, the test shall be accepted as meeting the requirements, provided the strength is not more than 5% below the minimum specified tensile strength of the base metal.
- (e) the specified minimum tensile strength is for full thickness specimens including cladding for Aluminum Alclad materials (P-No. 21 through P-No. 23) less than  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm). For Aluminum Alclad materials  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm) and greater, the specified minimum tensile strength is for both full thickness specimens that include cladding and specimens taken from the core.

**Figura 2.25:** Criterio de aceptación para ensayo de tracción (fuente ASME IX-2010, QW-153)

### 2.1.3.2 Ensayo de Doblado

La preparación mecánica se hizo en base a la figura 2.26 para las cuatro probetas (dos de cara y dos de raíz). El equipo de doblez utilizado se muestra en la figura 2.27



**Figura 2.26:** Preparación mecánica para el ensayo de doblado (fuente ASME IX-2010, QW-462.3(a))

Una vez preparadas las probetas para el ensayo de doblado (cara y lado), se realizó la flexión con un punzón de diámetro de 38 mm, las probetas dobladas se muestran en la figura 2.28

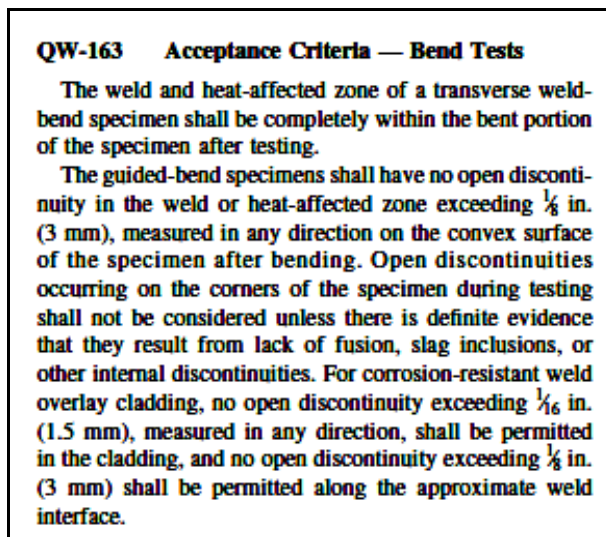


**Figura 2.27:** Equipo de doblado



**Figura 2.28:** Especímenes doblados

El resultado del ensayo de doblez fue conforme ya que no se observan fisuras, escorias, grietas, etc. El criterio de aceptación para el doblado se muestra en la figura 2.29.




**Figura 2.29:** Criterio de aceptación de las probetas dobladas (fuente ASME IX-2010, QW-163)

El informe de doblado, dos de cara y dos de raíz, es mostrado en la figura 2.30

#### 2.1.4 Rangos de Calificación – Soldadura de Producción

- Espesor de material base calificado: de 1.5 mm a 2T ( $1.5$  a  $2 \times 9.5 = 18$  mm)
- Espesor de metal de soldadura calificado: hasta  $2t$  ( $2 \times 2 = 4$  mm de E6010,  $2 \times 7.5 = 15$  mm de E7018)
- Posición de soldadura: todas las posiciones
- Soldadura en chapa (plancha) y/o cañería (tubería): califica para soldar en planchas y tuberías
- Tipo de corriente y polaridad: corriente continua (CC), polaridad invertida (+)
- Metal base: todos los materiales que están en el grupo P1

	<b>ENSAYO DE DOBLEZ SEGÚN ASME IX - 2010 PARA CALIFICACION DE WPS</b>	INF 0812-02ED-2012	
		HOJA	1 de 1
		REVISION	0
		EDICION	ENE. 2012

**INFORME TECNICO N° 0812 - 02ED - 2012**

CLIENTE : SFC S.A.C.  
 ATENCION : ING. SAUL CABALLERO  
 ASUNTO : ENSAYO DE DOBLEZ  
 ANALISTA : ING. CWI HERMES J. MATOS  
 FECHA DE EJECUCION : 05 DE SEPTIEMBRE DEL 2012  
 N° PQR: 12-128/PQR-02

---

**1.- ANTECEDENTES**  
 Se recibio una Plancha de Acero al Carbono ASTM A-36 soldada, de la cual se extrajeron 04probetas para realizar el ensayo de Dobleza de Cara (02) y de Raiz (02).

**2.- DE LA MUESTRA**  
 Se identifico según el cliente como:  
 Plancha de Acero al Carbono ASTM A-36 de espesor de 9.5 mm para Procedimiento de Soldadura, Posicion 3G, proceso de soldadura SMAW.  
 Soldador: Jesus Silva Moreno (DNI:15676226)

**3.- PROCEDIMIENTO DE ENSAYO**  
 Según Código ASME IX -2010

**4.- EQUIPOS UTILIZADOS**  
 Equipo para prueba de Dobleza manual según ASME IX - 2010, con equipo hidraulico de 6 toneladas.


**5.- CONDICIONES DEL ENSAYO**  
 Medio Ambiente

**6.- PRUEBAS FOTOGRAFICAS**

Doblado de Cara 1



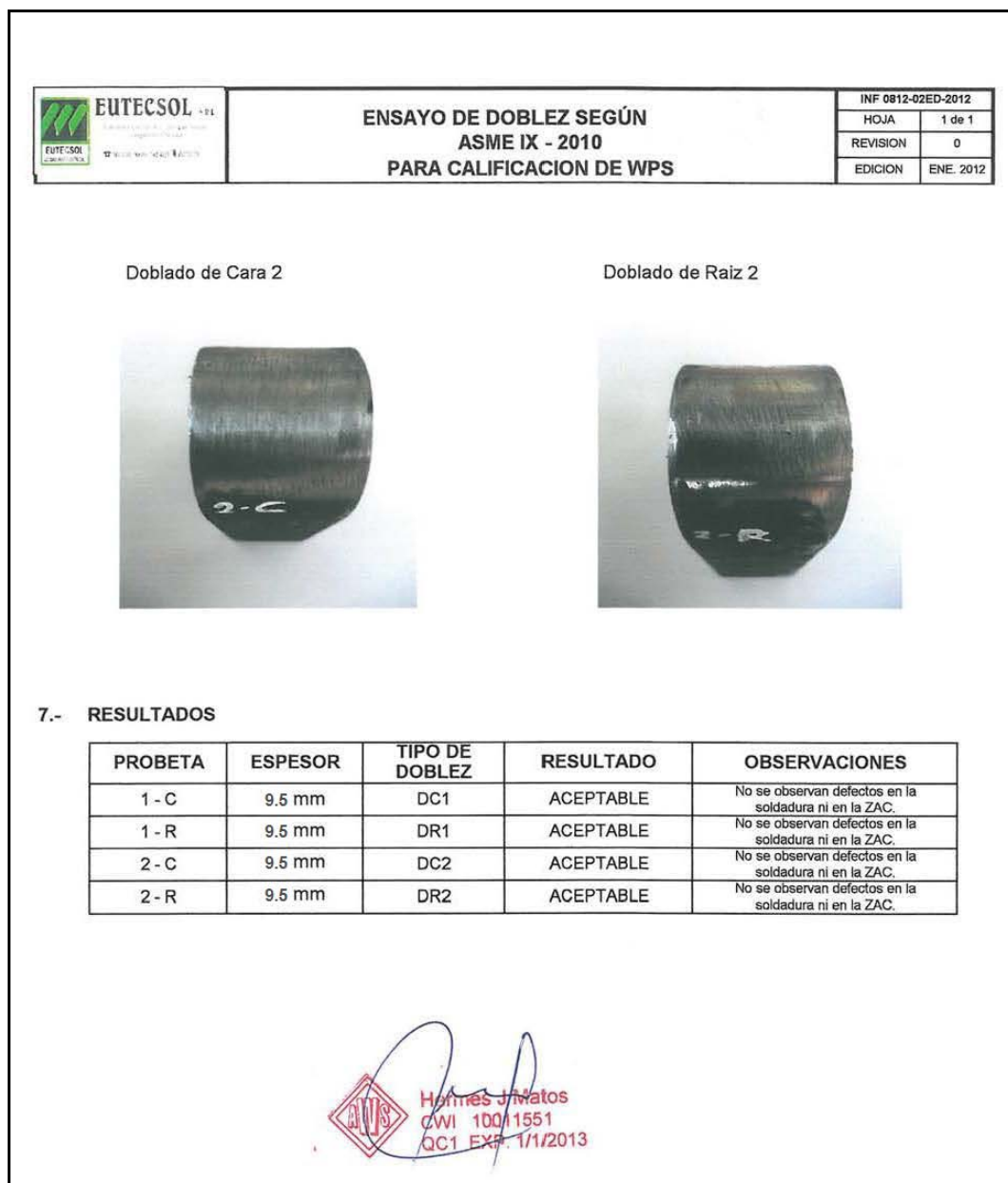
Doblado de Raiz 1






 Hermes J. Matos  
 CWI 10071551  
 QG1 EXP. 1/1/2013

**Figura 2.30:** Informe de doblado – parte1 (fuente Empresa Eutecsol)



**Figura 2.31:** Informe de doblado – parte2 (fuente Empresa Eutecsol)

- Metal de aporte:

F3 (E6010) → todos F3 con respaldo

F4 (E70189) → todos F4 con respaldo

En conclusión el Procedimiento de Soldadura Especifico se calificó ya que la inspección visual y los ensayos mecánicos salieron satisfactorios. El registro de calificación del Procedimiento de Soldadura se encuentra en el anexo 03.

## **2.2 Calificación de la Habilidad de los Soldadores (WPQ)**

### **2.2.1 Soldadores Calificados**

La evaluación de soldadores se realizó con planchas (similar a las utilizadas en la calificación del procedimiento, pero más cortas) en la posición vertical 3G reproduciendo el “Procedimiento de Soldadura Especifico” calificado anteriormente. La posición seleccionada de calificación está en función de lo siguiente:

- Rangos de posiciones calificadas, ver tabla 2.4
- Limitaciones del proceso de soldadura usado
- Rotación y movimiento del tanque y acceso a los soldadores.

Para la evaluación se utilizaron cupones, formados por dos planchas ASTM A36 de 3/8” x 3” x 7”.

Para obtener personal de soldadura calificado para que unan planchas roladas mediante soldadura (soldadura de producción) para la fabricación de un “Tanque Metálico ASME VIII DIV.1” se convocó a siete soldadores del taller, los nombres, DNI, estampa se encuentra detallado en la tabla 2.5.

**Tabla 2.4:** Posiciones calificadas para soldadores (fuente ASME IX-2010, QW-461.9)

<b>QW-461.9</b>				
<b>PERFORMANCE QUALIFICATION – POSITION AND DIAMETER LIMITATIONS</b>				
(Within the Other Limitations of QW-303)				
Position and Type Weld Qualified [Note (1)]				
Qualification Test		Groove		
		Plate and Pipe Over 24 in. (610 mm) O.D.	Pipe ≤ 24 in. (610 mm) O.D.	Fillet Plate and Pipe
Weld	Position			
Plate – Groove	1G	F	F [Note (2)]	F
	2G	F,H	F,H [Note (2)]	F,H
	3G	F,V	F [Note (2)]	F,H,V
	4G	F,O	F [Note (2)]	F,H,O
	3G and 4G	F,V,O	F [Note (2)]	All
	2G, 3G, and 4G Special Positions (SP)	All SP,F	F,H [Note (2)] SP,F	All SP,F
Plate – Fillet	1F	...	...	F [Note (2)]
	2F	...	...	F,H [Note (2)]
	3F	...	...	F,H,V [Note (2)]
	4F	...	...	F,H,O [Note (2)]
	3F and 4F	...	...	All [Note (2)]
	Special Positions (SP)	...	...	SP,F [Note (2)]
Pipe – Groove [Note (3)]	1G	F	F	F
	2G	F,H	F,H	F,H
	5G	F,V,O	F,V,O	All
	6G	All	All	All
	2G and 5G	All	All	All
	Special Positions (SP)	SP,F	SP,F	SP,F
Pipe – Fillet [Note (3)]	1F	...	...	F
	2F	...	...	F,H
	2FR	...	...	F,H
	4F	...	...	F,H,O
	5F	...	...	All
	Special Positions (SP)	...	...	SP,F

**NOTES:**

(1) Positions of welding as shown in QW-461.1 and QW-461.2.  
 F = Flat  
 H = Horizontal  
 V = Vertical  
 O = Overhead

(2) Pipe 2½ in. (73 mm) O.D. and over.

(3) See diameter restrictions in QW-452.3, QW-452.4, and QW-452.6.

**Tabla 2.5:** Lista de soldadores evaluados

Nombres	DNI	Estampa	Posición	Proceso	Código de calificación
1. Jesús Silva Moreno	15676226	JSM	3G	SMAW	ASME IX
2. Hoory Torres Ore	43336212	HTO	3G	SMAW	ASME IX
3. Víctor Ramírez Manrique	40687042	VRM	3G	SMAW	ASME IX
4. Pedro Roa Obregón	42327956	PRO	3G	SMAW	ASME IX
5. Gerónimo Contreras Panduro	47345712	GCP	3G	SMAW	ASME IX
6. William Suarez Pillco	15507896	WSP	3G	SMAW	ASME IX
7. Luis Anco Pérez	40356780	LAP	3G	SMAW	ASME IX



El soldador del ítem 1 (Jesús Silva Moreno) de la tabla 2.5 no fue necesario evaluarlo, ya que el calificado el Procedimiento de Soldadura Especifico, debido a esto el quedo automáticamente calificado. Se evaluó entonces a los seis soldadores restantes, obteniendo aprobado visualmente solo uno, el soldador Hoory Torres Ore.

El cupón del soldador calificado Hoory Torres Ore, fue inspeccionado visualmente por parte un inspector QC del fabricante, certificado según práctica recomendada de la ASNT SNT TC 1A – VT (Visual Testing) y por un inspector de soldadura certificado CWI (Certified Welding Inspector - AWS) de la empresa SOLDEXA (proveedor de electrodos revestidos y máquinas de soldar). Similar a la calificación del procedimiento de Soldadura; se inspecciono en todo momento la raíz, relleno, cobertura y respaldo. El metal de aporte depositado estuvo exento de defectos (discontinuidades) como falta de fusión, falta de penetración de la soldadura, porosidades, refuerzos excesivos de soldadura (sobremonta) y cordones irregulares. Como el resultado de la inspección visual fue conforme; se procedió con los ensayos mecánicos requeridos en la tabla 2.6 (rangos calificados y tipo y número de ensayos). Según esta tabla se requiere dos ensayos de doblado, un doblado de cara y uno de raíz. Se procedido a extraer los especímenes para doblado con una amoladora según la distribución de los especímenes de la figura 2.32 y la preparación mecánica se realizó según la figura 2.26 (igual a la utilizada en la calificación del procedimiento).

Después de la preparación de los especímenes se procedió con el doblado (flexión) según la figura 2.27 (igual a la utilizada en la calificación del procedimiento); seguidamente las discontinuidades de los especímenes doblados se compararon con el criterio de aceptación de doblado, ver figura 2.29 (igual a la utilizada en la calificación del procedimiento). No se detectaron fisuras en los ensayos de doblado, por lo tanto el soldador “Hoory Torres Ore” resulto calificado.

**Tabla 2.6:** Rangos calificados y tipo y número de ensayos (fuente ASME IX-2010, QW-452)

<b>QW-452 Performance Qualification Thickness Limits and Test Specimens</b>				
<b>QW-452.1 Groove-Weld Test.</b> The following tables identify the required type and number of tests and the thickness of weld metal qualified.				
<b>QW-452.1(a) TEST SPECIMENS</b>				
<b>Type and Number of Examinations and Test Specimens Required</b>				
Thickness of Weld Metal, in. (mm)	Visual Examination per QW-302.4	Side Bend QW-462.2 [Note (1)]	Face Bend QW-462.3(a) or QW-462.3(b) [Notes (1), (2)]	Root Bend QW-462.3(a) or QW-462.3(b) [Notes (1), (2)]
Less than $\frac{3}{8}$ (10)	X	---	1	1
$\frac{3}{8}$ (10) to less than $\frac{1}{2}$ (19)	X	2 [Note (3)]	Note (3)	Note (3)
$\frac{1}{2}$ (19) and over	X	2	---	---

**GENERAL NOTE:** The "Thickness of Weld Metal" is the total weld metal thickness deposited by all welders and all processes in the test coupon exclusive of the weld reinforcement.

**NOTES:**

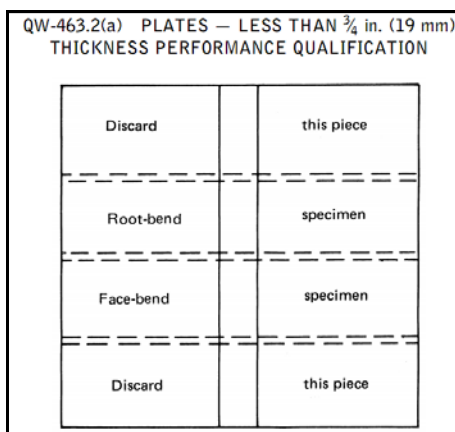
- (1) To qualify using positions 5G or 6G, a total of four bend specimens are required. To qualify using a combination of 2G and 5G in a single test coupon, a total of six bend specimens are required. See QW-302.3. The type of bend test shall be based on weld metal thickness.
- (2) Coupons tested by face and root bends shall be limited to weld deposit made by one welder with one or two processes or two welders with one process each. Weld deposit by each welder and each process shall be present on the convex surface of the appropriate bent specimen.
- (3) One face and root bend may be substituted for the two side bends.

<b>QW-452.1(b) THICKNESS OF WELD METAL QUALIFIED</b>	
Thickness, $t$ , of Weld Metal in the Coupon, in. (mm) [Notes (1) and (2)]	Thickness of Weld Metal Qualified [Note (3)]
All	$2t$
$\frac{1}{2}$ (13) and over with a minimum of three layers	Maximum to be welded

**NOTES:**

- (1) When more than one welder and/or more than one process and more than one filler metal F-Number is used to deposit weld metal in a coupon, the thickness,  $t$ , of the weld metal in the coupon deposited by each welder with each process and each filler metal F-Number in accordance with the applicable variables under QW-404 shall be determined and used individually in the "Thickness,  $t$ , of Weld Metal in the Coupon" column to determine the "Thickness of Weld Metal Qualified."
- (2) Two or more pipe test coupons with different weld metal thickness may be used to determine the weld metal thickness qualified and that thickness may be applied to production welds to the smallest diameter for which the welder is qualified in accordance with QW-452.3.
- (3) Thickness of test coupon of  $\frac{3}{8}$  in. (19 mm) or over shall be used for qualifying a combination of three or more welders each of whom may use the same or a different welding process.



**Figura 2.32:** Ubicación de los especímenes a extraer en la calificación de soldadores (fuente ASME IX-2010, QW-463.2(a))

En resumen los soldadores calificados son:

- Jesús Silva Moreno: como califico el Procedimiento De Soldadura Especifico, automáticamente quedo calificado como soldador.
- Hoory Torres Ore: califico en la evaluación realizada a los soldadores.
- Los demás soldadores no calificaron

Los registros de calificación de los dos soldadores aprobados (Jesús silva Moreno y Hoory Torres Ore) se encuentran en el anexo 04. Estos registros fueron realizados en función de la tabla 2.5, la interpretación de la tabla es la siguiente, si al menos una de las variables esenciales es modificada el soldador requiere otra calificación.

**Tabla 2.7:** Variables esenciales para soldadores (fuente ASME IX-2010, QW-353)

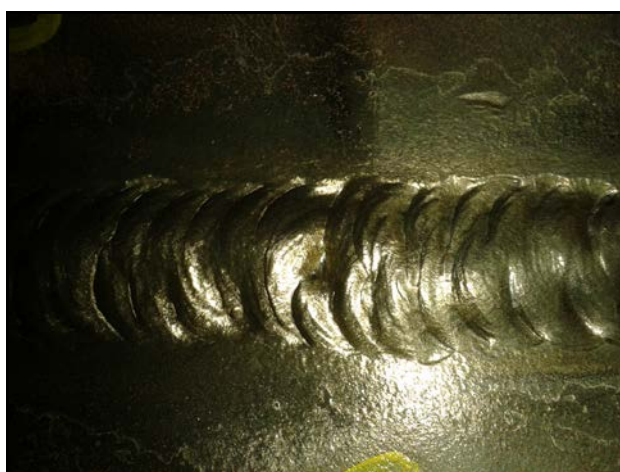
QW-353 SHIELDED METAL-ARC WELDING (SMAW) Essential Variables		
Paragraph	Brief of Variables	
QW-402 Joints	.4	– Backing
QW-403 Base Metals	.16	ϕ Pipe diameter
	.18	ϕ P-Number
QW-404 Filler Metals	.15	ϕ F-Number
	.30	ϕ $\epsilon$ Weld deposit
QW-405 Positions	.1	+ Position
	.3	ϕ $\uparrow\downarrow$ Vertical welding

### 2.2.2 Soldadores no Calificados

Todos los soldadores no calificados (cinco) no aprobaron la inspección visual, hay diversos defectos que se encontraron durante la inspección visual, defectos en la raíz, acabado, etc. En la figura 2.33 se detalla los defectos encontrados en los cupones de los soldadores, los cuales están rotulados por estampa (iniciales de los nombres y apellidos)



**Figura 2.33:** Defectos - Soldador VRM cordón irregular – parte1



**Figura 2.34:** Defectos - Soldador VRM cordón irregular – parte2



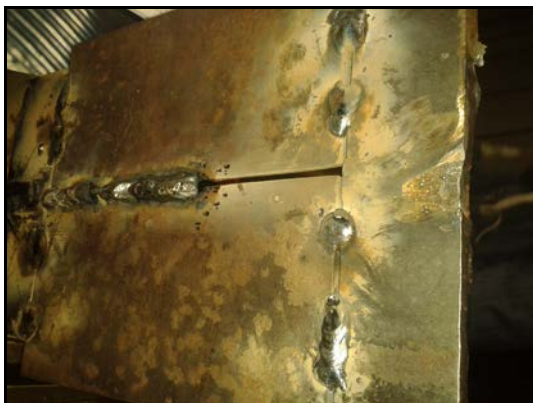
**Figura 2.35:** Defectos - Soldador PRO malos empalmes – parte1



**Figura 2.36:** Defectos - Soldador PRO malos empalmes – parte2



**Figura 2.37:** Defectos - Soldador GCP demasiada penetración en la raíz – parte1



**Figura 2.38:** Defectos - Soldador GCP demasiada penetración en la raíz – parte2



**Figura 2.39:** Defectos - Soldador WSP, acabado irregular – parte1



**Figura 2.40:** Defectos - Soldador WSP, acabado irregular – parte2



**Figura 2.41:** Defectos - Soldador LAP, golpe de arco

## CONCLUSIONES

1. Se notó claramente que cuando se califica un “Procedimiento de Soldadura Especifico”, el interés estaba en la compatibilidad de materiales y técnicas. Una vez que fueron probadas la buena unión metalúrgica, las calificaciones individuales de cada soldador están diseñadas para juzgar el nivel de habilidad de los soldadores en producción.
2. la correcta calificación de procedimientos y personal de soldadura en realidad dará como resultado una reducción de los costos. Cuando se califican personas y métodos, y se encuentran aceptables, es menos probable que haya costos excesivos causados por las soldaduras rechazadas y retrasos en los trabajos.
3. El ratio de aprobación de los soldadores fue bajo ( $1 / 6 = 16.6\%$ ). Este resultado es compatible con los ratios de aprobación que se obtienen en otros proyectos en los diversos procesos, posiciones, materiales base, etc. Lo mencionado ratifica la necesidad de tener personal calificado para realizar la soldadura de producción.
4. La correcta inspección visual antes, durante y después de la soldadura garantiza en un porcentaje elevado que los Ensayos Mecánicos y o No Destructivos resulten satisfactorios durante la calificación de un “Procedimiento Especifico de Soldadura” y la “Habilidad de los Soldadores”.
5. La estandarización de la calificación mediante el código de calificación ASME IX, te detalla los lineamientos como responsabilidades, variables de soldadura,



tipo y cantidad de ensayo, criterios de aceptación, etc., con la intención de que los fabricantes no tomen lineamientos variados, los cuales pueden ser erróneos.

## BIBLIOGRAFIA

1. **The American Society of Mechanical Engineers (ASME IX - 2010)**, Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators
2. **The American Society of Mechanical Engineers (ASME VIII DIV1 - 2007)**, Rules for Construction of Pressure Vessels
3. **The American Welding Society**, Welding Inspection Tecnology – 5ta edición
4. **American Welding Society (AWS D1.1 – 2010)**, Structural Welding Code – Steel, 22nd Edition, USA.
5. **American Welding Society (ANSI/AWS A2.4 – 2012)**, Standard Symbols For Welding, Brazing and Nondestructive Examination
6. **American Welding Society (ANSI/AWS A3.0 – 2010)**, Standard Welding Terms and Definitions
7. **Ricardo Echevarría**, Defectología. Universidad Nacional de Comahue. Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Ensayos no Destructivos, 2002.  
([http://www.sistendca.com/DOCUMENTOS/Defectologia\[1\].pdf](http://www.sistendca.com/DOCUMENTOS/Defectologia[1].pdf))

## **ANEXOS**

**Anexo 01:** Certificado de Nivel II – VT (Visual Testing), según practica recomendada de la ASNT (American Society For NonDestructive Testing)

**Anexo 02:** Resistencia mínima a la tracción para acero SA-36 (ASTM A36), grupo de materiales base para calificación.

**Anexo 03:** Registro de Procedimiento de Soldadura Específico

**Anexo 04:** Registro de Calificación de Soldadores



NONDESTRUCTIVE TESTING

14359 Miramar Parkway PMB 299 Miramar, Florida 33027  
(305) 246-4442 Fax (305) 246-4644 ndtec@attglobal.net

Date: December 22, 2011

Be it known that in Accordance with the documentation provided to this agency,  
and the examination scores below

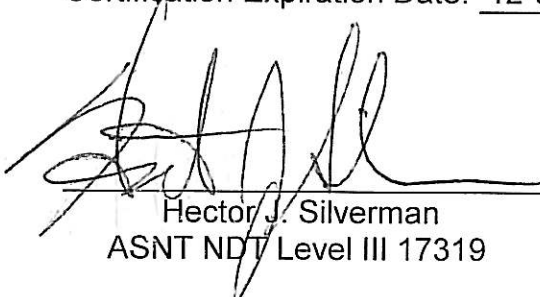
Saul Cesar Caballero Espinoza

Has met the established written and published requirements of ASNT SNT-TC-1A  
for Level II certification in

Visual

<u>EXAMINATION</u>	<u>SCORE</u>	<u>ADMINISTERED BY</u>	<u>DATE</u>
<u>GENERAL</u>	<u>80.0</u>	<u>Hector J. Silverman</u>	<u>12-22-11</u>
<u>SPECIFIC</u>	<u>70.0</u>	<u>Hector J. Silverman</u>	<u>12-22-11</u>
<u>PRACTICAL</u>	<u>90.0</u>	<u>Hector J. Silverman</u>	<u>12-22-11</u>
<u>COMPOSITE SCORE</u>	<u>80.0</u>		

Certification Expiration Date: 12-31-16



Hector J. Silverman  
ASNT NDT Level III 17319

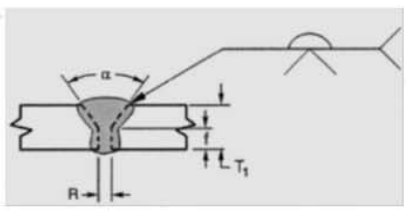
245511920  
Certificate Number

**QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS**  
**Grouping of Base Metals for Qualification**

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding		Brazing		ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
				P-No.	Group No.	P-No.	Group No.			
SA-36	...	K02600	58 (400)	1	1	101	11.1	C-Mn-Si	Plate, bar & shapes	
SA-53	Type F	...	48 (330)	1	1	101	11.1	C	Furnace welded pipe	
SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	11.1	C	Smls. pipe	
SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	11.1	C	Resistance welded pipe	
SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn	Resistance welded pipe	
SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn	Smls. pipe	
SA-105	...	K03504	70 (485)	1	2	101	11.1	C	Flanges & fittings	
SA-106	A	K02501	48 (330)	1	1	101	1.1	C-Si	Smls. pipe	
SA-106	B	K03006	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn-Si	Smls. pipe	
SA-106	C	K03501	70 (485)	1	2	101	11.1	C-Mn-Si	Smls. pipe	
A108	1015 CW	G10150	...	1	1	101	1.1	C	Bar	
A108	1018 CW	G10180	...	1	1	101	1.1	C	Bar	
A108	1020 CW	G10200	...	1	1	101	1.1	C	Bar	
A108	8620 CW	G86200	...	3	3	102	4.1	0.5Ni-0.5Cr-Mo	Bar	
SA-134	SA283 Gr. A	...	45 (310)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
SA-134	SA283 Gr. B	...	50 (345)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
SA-134	SA283 Gr. C	K02401	55 (380)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
SA-134	SA283 Gr. D	K02702	60 (415)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
SA-134	SA285 Gr. A	K01700	45 (310)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
SA-134	SA285 Gr. B	K02200	50 (345)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
SA-134	SA285 Gr. C	K02801	55 (380)	1	1	101	11.1	C	Welded pipe	
SA-135	A	...	48 (330)	1	1	101	1.1	C	E.R.W. pipe	
SA-135	B	...	60 (415)	1	1	101	11.1	C	E.R.W. pipe	
A139	A	...	48 (330)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
A139	B	K03003	60 (415)	1	1	101	1.1	C	Welded pipe	
A139	C	K03004	60 (415)	1	1	101	11.1	C	Welded pipe	
A139	D	K03010	60 (415)	1	1	101	11.1	C	Welded pipe	
A139	E	K03012	66 (455)	1	1	101	11.1	C	Welded pipe	
A167	Type 302B	S30215	75 (515)	8	1	102	8.1	18Cr-8Ni-2Si	Plate, sheet & strip	
A167	Type 308	S30800	75 (515)	8	2	102	8.2	20Cr-10Ni	Plate, sheet & strip	
A167	Type 309	S30900	75 (515)	8	2	102	8.2	23Cr-12Ni	Plate, sheet & strip	
A167	Type 310	S31000	75 (515)	8	2	102	8.2	25Cr-20Ni	Plate, sheet & strip	
SA-178	A	K01200	47 (325)	1	1	101	1.1	C	E.R.W. tube	
SA-178	C	K03503	60 (415)	1	1	101	11.1	C	E.R.W. tube	
SA-178	D	...	70 (485)	1	2	101	11.1	C-Mn-Si	E.R.W. tube	

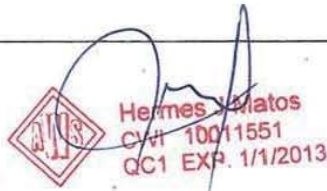
**ESPECIFICACIONES PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA ( WPS )**
**ACORDE A ASME IX 2010**
**WPS N° 12-128/WPS-02**

<b>Proyecto :</b>	<b>SUMINISTRO Y FABRICACION DE TANQUE METALICO</b>	<b>Revisión N° :</b>	<b>0</b>
<b>Empresa :</b>	<b>SFC SAC SUMINISTRO, FABRICACION Y CONSTRUCCION</b>	<b>Fecha :</b>	<b>09/09/2012</b>
<b>Tanque N°:</b>	<b>C-5810-TK-1901, N° de contrato: B148-001-12</b>	<b>Proceso (s) Soldadura :</b>	<b>SMAW</b>
<b>Realizado Por :</b>	<b>SAUL CABALLERO</b>	<b>Tipo (s) :</b>	<b>Manual</b>
<b>Soporte PQR N° (s) :</b>	<b>12-128/PQR-02</b>		

<b>UNIONES (QW-402)</b>		<b>DETALLE UNION</b>	
Diseño Unión	<b>Tope con bisel en V</b>		
Respaldo (Si)	<b>X</b> (No) <b>-</b>		
Material Respaldo ( Tipo ) :	<b>-</b>		
Metálico	<b>-</b> Metal Refractario <b>-</b>		
No Metálico	<b>-</b> Otro <b>-</b>		
Angulo de bisel :	<b>60°</b>		
Altura de talón :	<b>3 mm</b>		
Separación de junta :	<b>3 mm</b>		

<b>METALES BASE (QW-403)</b>			
P-N°	<b>1</b>	<b>a</b>	P-N° <b>1</b>
Grupo N°	<b>1</b>	<b>a</b>	Grupo N° <b>1</b>
Especificación Mat. Base Tipo y Grado			<b>ASTM A36</b>
a Especificación Mat. Base Tipo y Grado			<b>ASTM A36</b>
o			
Composición Química y Prop. Mecánicas			<b>58 Ksi Resistencia Tensil</b>
a Composición Química y Prop. Mecánicas			<b>58 Ksi Resistencia Tensil</b>
Rango de Espesores :			
Metal Base :	Tope	<b>1.6 mm - 18 mm</b>	Filete <b>-</b>
Rango Diám. Cañería :	Tope	<b>-</b>	Filete <b>-</b>
Otro			

<b>METALES DE APORTE (QW-404)</b>	
Espec. N° ( SFA )	<b>AWS A5.1</b>
AWS N° ( Clase )	<b>E6011 / E7018</b>
F - N°	<b>3 / 4</b>
A - N°	<b>1</b>
Diám. de Aporte (s)	<b>3.2 mm</b>
Metal de Soldadura Depositado	
Rango de Espesores :	<b>1.6 mm - 2T</b>
Filete	<b>-</b>
Electrodo - Fundente ( Clase )	<b>-</b>
Nombre Comercial Fundente	<b>-</b>
Inserto Consumible	<b>-</b>
Otro	<b>-</b>



**Hermes Matos**  
 CUI 10011551  
 QC1 EXP. 1/1/2013

ASME IX 2010


<b>POSICIONES ( QW-405 )</b>		<b>TRAT.TERMICO POS-SOLDADURA (QW-407)</b>		
Posición (es) Union Tope	3G	Rango de Temperatura	-	
Progresión Soldadura	-	Rango de Tiempo	-	
Posición (es) Unión Filete	-			
<b>PRECALENTAMIENTO ( QW-406 )</b>		<b>GAS ( QW-408 )</b>		
Temp.Precalentamiento Min.	T amb	Porcentaje Composición		
Temp.Interpases Máx.	260°C	Gas (es)	( Mezcla )	Flujo
Mantenición Precalentamiento	-	Protección		
		Arrastre		
		Respaldo		

<b>CARACTERISTICAS ELECTRICAS ( QW-409 )</b>		SMAW
Corriente CA o CC	CONTINUA POLARIDAD INVERTIDA (+)	
Amps ( Rango )	70 -85A E6011 / 110-130A E7018	
Volts ( Rango )	22 - 30 V	
Electrodo Tungsteno Tipo y Diám.	-	
Modo de Transf. Metálica en GMAW	-	
Rango de Veloc. Aliment. Electrodo	-	

<b>TECNICA ( QW-410 )</b>	
Cordon recto u oscilado	Recto / Oscilado
Diám.Tobera de Gas	-
Limpieza Inicial e Interpases ( Escobillado , Esmerilado , etc. )	Esmerilado (pase raiz), Interpases (escobilla)
Método Acanalado Pase Raiz	-
Oscilación	SI
Distancia Boq.Contacto a Pieza	-
Pase Múltiple o Unico ( por lado )	Múltiple
Electrodos Múltiples o Unicos	Múltiple
Veloc. Avance ( Rango )	-
Martillado	-
Otro	-

Pase (s) Soldadura	Proceso	Metal Aporte		Corriente		Volt Rango	Veloc. Avance mm/min	Observ.
		Tipo	Diám. mm	Tipo Polar.	Amp. Rango			
1	SMAW	E6011	3.2 mm	CC (+)	70 - 85	22-30	-	PASE RAIZ
2	SMAW	E7018	3.2 mm	CC (+)	110 - 130	22-30	-	-
3	SMAW	E7018	3.2 mm	CC (+)	110 - 130	22-30	-	-
4	SMAW	E7018	3.2 mm	CC (+)	110 - 130	22-30	-	-
5	SMAW	E7018	3.2 mm	CC (+)	110 - 130	22-30	-	-

Empresa: <u>SFC SAC</u> Fecha: <u>09/09/2012</u>	Aprobado por Saúl Caballero  Firma
---	--

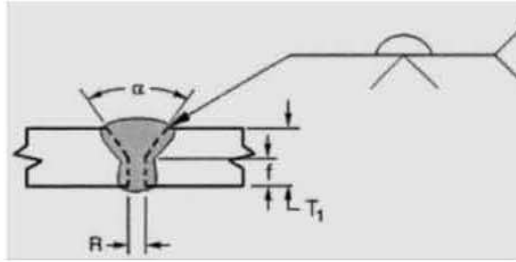


Hermes J Matos  
 CW/ 10011551  
 QOT EXP. 1/1/2013


**CALIFICACION PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA ( PQR )**


ACORDE A ASME IX 2010

Empresa	SFC SAC - SUMINISTRO, FABRICACION Y CONSTRUCCION		
Nº Registro Proced. de Calificación	12-128/PQR-02	Fecha :	05-sep-12
WPS Nº	12-128/WPS-02		
Proceso (s) de Soldadura	SMAW		
Tipos ( Manual, Automático, Semi-Auto.)	MANUAL		

**UNIONES ( QW-402 )**


<b>METALES BASE ( QW-403 )</b>		<b>TRAT. TERMICO POS-SOLDADURA ( QW-407 )</b>	
Espec. Material	SA 36	Temperatura	-
Tipo o Grado		Tiempo	-
P - Nº	1	Otro	-
Grupo Nº	1		
Espec. Material	SA 36		
Tipo o Grado			
P - Nº	1		
Grupo Nº	1		
Espesor Test	9.5mm		
Cupón de Prueba	PLANCHA		
Diám. Cupón de Prueba			
Otro			
<b>METAL DE APORTE ( QW-404 )</b>		<b>GAS ( QW-408 )</b>	
Especificación SFA	AWS A5.1	AWS A5.1	
Clasificación AWS	E 6011	E 7018	
Metal de Aporte, F - Nº	3	4	
Análisis Metal Sold., A - Nº			
Diámetro Electrodo (mm)	3.2mm.	3.2 mm	
Nombre Comercial	-		
Número de Pases Sold.	1	4	
Esp. depósito sold. ( mm )	2.0 mm	2.5 mm	
Fundente	-		
<b>POSICION ( QW-405 )</b>		<b>TECNICA ( QW-410 )</b>	
Posición de Soldadura	3G	Proceso Soldadura	SMAW
Progresión Soldadura		Veloc. de Avance ( mm/min )	250/350 mm
Otro	-	Cordón Angosto o Ancho	ANGOSTO ANCHO
		Oscilación	
		Pases Múltiples o Unicos ( por lado )	MULTIPLE
		Electrodos Unicos o Múltiples	MULTIPLE
		Martillado	-
<b>PRECALENTAMIENTO ( QW-406 )</b>			
Temp. Precalentamiento	T amb		
Temp. Interpases max.	260 °C		




**Hermes J. Matos**  
 CWI 10011551  
 SC1 EXP. 1/1/2013





ASME IX 2010

PQR Nº 12-128/PQR-02

**Ensayo de Tracción ( QW-150 )**

Probeta Nº	Ancho mm	Espesor mm	Area mm <sup>2</sup>	Máxima Carga N	Resistencia Tracción Mpa	Resistencia Tracción PSI	tipo de falla y ubicación
1	24.80	9.45	234.36	127720	545	79025	Metal Base
2	25.76	9.32	240.08	131057	546	79170	Metal Base

Laboratorio de Soldexa, Nº informe: ET - 2012 - 419

**Ensayo de Doblado ( QW-160 )**

Probeta Nº	Tipo	Figura Nº	Resultados	Probeta Nº	Tipo	Figura Nº	Resultados
1	CARA	1 - C	CUMPLE				
2	CARA	2 - C	CUMPLE				
3	RAIZ	1 - R	CUMPLE				
4	RAIZ	2 - R	CUMPLE				

**Ensayo de Tenacidad ( QW-170 )**

Probeta Nº	Ubicación Entalle	Tamaño Probeta	Temperatura Ensayo	Valor Impacto	Exp. Lateral		Drop Weight Quiebre
					% Corte	Mils	
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Promedio ft / lb ( impacto )

Mínimo ft / lb ( impacto )

**Ensayo Sold. Filete ( QW-180 )**

Resultado-Satisfactorio: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 Penetración Total : Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 Macro - Resultado :

**Otros Ensayos**

Tipo de Ensayo Visual Resultado : Sin defectos  
 Análisis Depósito Sold. \_\_\_\_\_  
 Otro \_\_\_\_\_

Nombre de Soldador (es) JESUS SILVA MORENO  
 Prueba Conducida Por ING. JAVIER MATOS Nº Test Laboratorio 0812-02ED-2012

Certificamos que las indicaciones registradas en ésta calificación son correctas y que las pruebas de soldadura fueron preparadas, soldadas, y testeadas de acuerdo a los requerimientos de Código ASME Sección IX 2010.

Empresa: SFC SAC  
 Fecha 05 DE SETIEMBRE DEL 2012

Aprobado por SAUL CABALLERO  
 Firma

Ing. Javier Matos  
 CWI 10011551  
 QCT EXP. 7/1/2013

## CALIFICACION DE SOLDADOR ASME IX

N° SFC 012-01-2012

<b>EMPRESA</b> : SFC SAC <b>SOLDADOR</b> : HOORY TORRES ORE <b>DNI</b> : 43336212 <b>ESTAMPA N°</b> : HTO <b>PROCESO DE SOLDADURA</b> : SMAW <b>IDENTIFICACION WPS</b> : 12-128 / WPS-02 <b>MATERIAL BASE</b> : SA 36	<b>TIPO</b> : Manual  <b>ESPESOR</b> : 9.5 mm	Foto
---	---	------

### VARIABLES ESENCIALES PARA CADA PROCESO MANUAL O SEMIAUTOMATICO ( QW-350 )

**UNIONES ( QW - 402 ) :**  
 Respaldo (metal, metal de soldadura, etc.)  
 Tipo de Unión y Preparación  
 Abertura / Altura Talón  
**METAL BASE ( QW - 403 ) :**  
 ASME P - N° a ASME P - N°  
 ( X ) Plancha ( ) Cañería , ( Diámetro )  
 Espesor de metal base  
**METAL DE APORTE ( QW - 404 ) :**  
 Spec. ( SFA ) Metal de Aporte Clasificación  
 Metal de Aporte F - N° / A - N°

**POSICION ( QW - 405 ) :**  
 Posición de Soldadura ( 1G , 5G etc. )  
 Progresión ( ascendente / descendente )  
**GAS ( QW - 408 ) :**  
 Respaldo Gaseoso para GTAW , PAW , o GMAW  
**CARACT. ELECTRICAS ( QW - 409 ) :**  
 Tipo de Transferencia para GMAW ( Mig )  
 Proceso de Soldadura Tipo de Corriente / Polaridad  
 Rango de Amperaje Utilizado ( Amps )  
 Rango de Voltaje Utilizado ( Volts )  
**INSPECCION VISUAL :** CUMPLE

Valor Real Utilizado	Rango Calificado
Con Respaldo Tope / Bisel en "X" 3.0 mm / 2.0 mm	Con Respaldo Tope / Bisel en "X"
P-1 Plancha Esp. 9.5 mm	P-1 a P-15F Plancha De 1.6 hasta 19.0 mm
E-6011 / E-7018 F3 / A1      F4 / A1	F1, F2, F3, F4
3G ASCENDENTE	3G ASCENDENTE
N.A CCPI      CCPI	N.A
75-125 21-26	

### RESULTADOS ENSAYO DE DOBLADO GUIADO QW-462.2 (a), QW-462.3 (a), QW-462.3 (b)

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
HTO-R		HTO-C	
Raíz	Cumple	Cara	Cumple

Resultado Prueba Radiográfica Calificación Alternativa para uniones a tope biseladas de acuerdo con QW-304 y QW-305 Reporte \_\_\_\_\_

Sold. Filete - Test Fractura Longitud y porcentaje de defectos \_\_\_\_\_  
 Macrografía Tamaño Filete \_\_\_\_\_ x Concavidad / convexidad \_\_\_\_\_

Certificamos que los resultados y antecedentes expuestos en este informe, son correctos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas, de acuerdo con los requerimientos de Código ASME Sección IX 2010

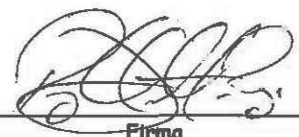
Empresa: SFC SAC SUMINISTRO  
 FABRICACION Y MONTAJE

Aprobado por: VALERY MONGRUTT

Fecha : 08 DE SETIEMBRE DEL 2012



Hernán Matos  
 CWI 10011551  
 QC1 EXP. 1/1/2013

  
 Firma

## CALIFICACION DE SOLDADOR ASME IX

N° SFC 012-02 -2012

<b>EMPRESA</b> : SFC SAC <b>SOLDADOR</b> : JESUS SILVA MORENO <b>DNI</b> : 15676226 <b>ESTAMPA N°</b> : JSM <b>PROCESO DE SOLDADURA</b> : SMAW <b>IDENTIFICACION WPS</b> : 12-128 / WPS-02 <b>MATERIAL BASE</b> : SA 36	<b>TIPO</b> : Manual  <b>ESPESOR</b> : 9.5 mm	Foto
---	---	------

### VARIABLES ESENCIALES PARA CADA PROCESO MANUAL O SEMIAUTOMATICO ( QW-350 )

**UNIONES ( QW - 402 ) :**  
 Respaldo ( metal, metal de soldadura , etc. )  
 Tipo de Unión y Preparación  
 Abertura / Altura Talón  
**METAL BASE ( QW - 403 ) :**  
 ASME P - N° a ASME P - N°  
 ( X ) Plancha ( ) Cañería , ( Diámetro )  
 Espesor de metal base  
**METAL DE APORTE ( QW - 404 ) :**  
 Spec. ( SFA ) Metal de Aporte Clasificación  
 Metal de Aporte F - N° / A - N°

**POSICION ( QW - 405 ) :**  
 Posición de Soldadura ( 1 G , 5 G etc. )  
 Progresión ( ascendente / descendente )  
**GAS ( QW - 408 ) :**  
 Respaldo Gaseoso para GTAW , PAW , o GMAW  
**CARACT. ELECTRICAS ( QW - 409 ) :**  
 Tipo de Transferencia para GMAW ( Mig )  
 Proceso de Soldadura Tipo de Corriente / Polaridad  
 Rango de Amperaje Utilizado ( Amps )  
 Rango de Voltaje Utilizado ( Volts )  
**INSPECCION VISUAL :** CUMPLE

Valor Real Utilizado	Rango Calificado
Con Respaldo Tope / Bisel en "X" 3.0 mm / 2.0 mm	Con Respaldo Tope / Bisel en "X"
P-1 Plancha Esp. 9.5 mm	P-1 a P-15F Plancha De 1.6 hasta 19.0 mm
E-6011 / E-7018 F3 / A1      F4 / A1	F1, F2, F3, F4
3G ASCENDENTE	3G ASCENDENTE
-	-
N.A CCPI      CCPI	N.A
75-125 21-26	

### RESULTADOS ENSAYO DE DOBLADO GUIADO QW-462.2 (a), QW-462.3 (a), QW-462.3 (b)

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
JSM-R		JSM-C	
Raíz	Cumple	Cara	Cumple

Resultado Prueba Radiográfica Calificación Alternativa para uniones a tope biseladas de acuerdo con QW-304 y QW-305 Reporte

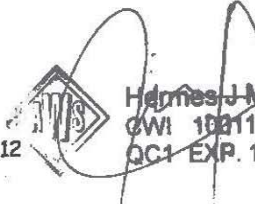
Sold. Filete - Test Fractura Longitud y porcentaje de defectos Reporte  
 Macrografía Tamaño Filete x Concavidad / convexidad

Certificamos que los resultados y antecedentes expuestos en este informe, son correctos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas, de acuerdo con los requerimientos de Código ASME Sección IX 2010

Empresa: SFC SAC SUMINISTRO  
 FABRICACION Y MONTAJE

Aprobado por: VALERY MONGRUTT

Fecha : 08 DE SETIEMBRE DEL 2012

  
 Hermes J. Matos  
 CWI 10011551  
 QC1 EXP. 1/1/2013

  
 Firma