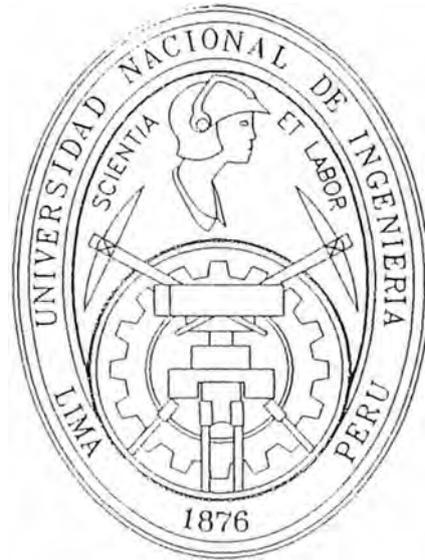


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**METODOLOGIA PARA LA CALIFICACION DE
PROCEDIMIENTOS Y OPERARIOS DE
SOLDADURA SEGUN AWS B2.1**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

JOSE ANTONIO CORRALES BEGAZO

PROMOCION 2005-I

LIMA - PERU

2009

DEDICATORIA

Este informe está dedicado a mis padres Sebastián y Cirila, por todo el apoyo y esfuerzo brindado durante todo este tiempo, así también a mis grandes amigos y hermano.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1	Introduccion.....	3
1.1	Justificación.....	3
1.2	Objetivo.....	4
1.3	Alcance	4
1.4	Limitaciones.....	4
CAPITULO 2	Conceptos Basicos	5
2.1	Generalidades	5
2.2	Calificación del Procedimiento de Soldadura	10
2.3	Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS).....	14
2.4	Registro de Calificación de Procedimiento (PQR).....	15
2.5	Variables	16
2.6	Calificación del Desempeño en Soldadura	17
2.7	Procesos de Soldadura	18
2.8	Posiciones de Soldadura	21
2.9	Base Metal Grouping.....	24
2.10	Filler Metal Grouping	25
CAPITULO 3	Calificacion de Procedimientos de Soldadura	26
3.1	Generalidades	26
3.2	Trabajo requerido	28

3.3	Procedimiento propuesto	29
3.4	Variables de calificación de procedimiento	30
3.5	Dimensiones del cupón de prueba	34
3.6	Criterios de aceptación de inspección visual	40
3.7	Número y tipo de ensayos a realizar	40
3.8	Dimensiones de los especímenes a ensayar	41
3.9	Criterios de aceptación de los ensayos	42
3.10	Registro de la calificación	44
CAPITULO 4 Calificación de Soldadores		45
4.1	Generalidades	45
4.2	Trabajo requerido	48
4.3	Procedimiento calificado	48
4.4	Variables de calificación del soldador	48
4.5	Dimensiones del cupón de prueba	50
4.6	Criterios de aceptación de inspección visual	54
4.7	Número y tipo de ensayos a realizar	55
4.8	Dimensiones de los especímenes a ensayar	57
4.9	Criterios de aceptación de los ensayos	58
4.10	Registro de la calificación	58
CAPITULO 5 Casos Aplicativos		59
5.1	Calificación de procedimiento de soldadura	59
5.2	Calificación del soldador	75

Conclusiones y Recomendaciones	79
Bibliografía	81
Anexos	82

PRÓLOGO

En el presente informe se pretende plantear una alternativa ante las aplicaciones de unión de materiales por soldadura que son muy utilizadas en nuestro medio.

Por tal motivo se desarrolla el presente informe utilizando “AWS B2.1 - Specification for Welding Procedure and Performance Qualification”. Así mismo, para comprender con mayor facilidad el tema, se desarrollarán 5 capítulos; los cuales son:

Capítulo 1: Introducción. Se menciona la justificación, el objetivo, el alcance y las limitaciones.

Capítulo 2: Conceptos Básicos. Se explicarán los conceptos más importantes en la soldadura.

Capítulo 3: Calificación de Procedimientos de Soldadura. Se describirá los límites de la calificación, tipos de cupones, criterios de aceptación y variables de calificación de procedimiento.

Capítulo 4: Calificación de Soldadores. Se establecerá las posiciones, variables, inspección y criterios de aceptación para la calificación de soldadores.

Capítulo 8: Casos aplicativos. Se plantearan casos aplicativos para un mejor entendimiento del presente informe.

Finalmente tengo que agradecer a mis amigos Leonardo, Luis y David por todo su apoyo y ayuda que siempre me han mostrado.

Espero el presente informe sea del interés del lector.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Debido a las limitaciones de otras normas utilizadas en nuestro medio, me apoyo en el AWS B2.1 para elaborar procedimientos de soldadura y calificar al soldador. Esta especificación provee los requerimientos para calificación de los procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de soldadura para soldadura manual, semiautomática, mecanizada y automática. Los procesos de soldadura incluidos son Oxyfuel Gas Welding, Shielded Metal Arc Welding, Gas Tungsten Arc Welding, Submerged Arc Welding, Gas Metal Arc Welding, Flux Cored Arc Welding, Plasma Arc Welding, Electroslag Welding, Electrogas Welding, Electron Beam Welding, Laser Beam Welding, and Stud Arc Welding. También incluyen los metales base, material de aporte, calificación de variables y ensayos requeridos.

En la industria metal mecánica la unión soldada es la más utilizada, para lo cual existen diferentes normas, especificaciones, estándares y códigos que se aplican con el fin de obtener resultados altamente eficaces en las obras. Pero también se presentan la necesidad de elaborar procedimientos de soldadura para recuperación de piezas en la industria minera.

1.2 Objetivo

Establecer las pautas necesarias en la calificación de procedimientos así como la calificación de soldadores y operarios de soldadura apoyándome en el AWS B2.1:2005

1.3 Alcance

El informe está basado en:

1. Calificación de procedimientos y soldadores para juntas a tope según “AWS B2.1 - Specification for Welding Procedure and Performance Qualification”, esta especificación contiene más aplicaciones como soldaduras en filete, recubrimientos duros tipo Hardfacing, etc, que serán mencionados en el presente informe, pero no serán motivo de desarrollo.
2. Se contemplara para el presente informe el proceso SMAW.

1.4 Limitaciones

1. Las referencias que se darán sobre el código “AWS B2.1 - Specification for Welding Procedure and Performance Qualification” publicada el año 2005.

CAPITULO 2

CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Generalidades

Un numero de organizaciones son responsables de la producción y revisión de distintos documentos. Ellas incluyen, pero no se limitan a:

- American Welding Society (AWS)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American National Standard Institute (ANSI)
- American Petroleum Institute (API)

A continuación se trata específicamente con tres categorías generales de documentos: códigos, normas y especificaciones.

2.1.1 Códigos

Conjunto de leyes, de un grupo de industrias, arreglados sistemáticamente para facilidad de uso y referencia rápida. Los códigos se establecen para equipos o conjuntos específicos. Los códigos pueden convertirse en normas.

Los códigos pueden ser:

Código de fabricación, es el documento inicial y básico, se apoyara en otros documentos, como normas, otros códigos, especificaciones, recomendaciones, etc.

Código de referencia, es el documento citado o referenciado por algún código de fabricación, otro código de referencia, etc.

NORMA/CODIGO DEL PROYECTO		CODIGOS DE FABRICACION
ASME I	CALDERAS	ASME IX
ASME III	COMPONENTES NUCLEARES	ASME IX
ASME VIII DIV 1/DIV 2	RECIPIENTES DE PRESION	ASME IX
ANSI B31.1	TUBERIA DE VAPOR	ASME IX
ANSI B31.3	TUBERIA QUIMICA	ASME IX
ANSI B31.4	TUBERIA DE TRANSPORTE DE PETROLEO	ASME IX y API 1104
ANSI B31.8	TUBERIA DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION DE GAS	ASME IX y API 1104
API 620	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ASME IX
API 650	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PETROLEO	ASME IX

Tabla N° 1 Normas /Códigos del Proyecto

Cuando se construye una estructura dentro, frecuentemente deben cumplir con ciertos “códigos de construcción”, en algunos casos establecidas en los documentos del contrato. Veremos que los códigos contienen palabras tales

como “debe” y “deberá”. Un código específico incluye algunas condiciones y requerimientos para el ítem en cuestión. Muy frecuentemente también incluirá descripción de métodos para determinar si se alcanzaron dichas condiciones y requerimientos.

AWS publicó seis códigos, cada uno de los cuales cubre distintos tipos de aplicaciones de soldadura industrial:

- AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel
- AWS D1.2 Structural Welding Code-Aluminium
- AWS D1.3 Structural Welding Code-Sheet Steel
- AWS D1.4 Structural Welding Code-Reinforcing Steel
- AWS D1.5 Bridge Welding Code
- AWS D1.6 Structural Welding Code-Stainless Steel.

ASME también desarrolló varios códigos que se aplican a, recipientes y cañerías que contienen presión. Dos de esos son:

- ASME B31.1 “Power Piping”
- ASME B31.3 “Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping”

Aquí se detallan aquellos requerimientos para ambos tipos de cañerías con presión. A pesar que lleva la denominación ANSI, fueron desarrolladas por ASME. ASME también desarrolló una serie de códigos aplicables al diseño y construcción de recipientes a presión. Debido a la variedad de aplicaciones de

dichos recipientes, los códigos ASME existen como un juego de once secciones separadas.

2.1.2 Normas

Es un documento establecido como regla o base de comparación para medir o juzgar la capacidad, cantidad, contenido, alcance, valor, calidad, etc.”.

Documento que fija las características de un **objeto** fabricado o de una determinada **actividad**, así como de las condiciones técnicas de fabricación.

Normas americanas: ASTM, ANSI, AWS

Normas Europeas: DIN, BS, AFNOR, UNE

La norma se trata como una clasificación separada de documento; sin embargo, el término norma también se aplica a numerosos tipos de documentos, incluyendo códigos y especificaciones.

Las normas producidas por distintas organizaciones técnicas tales como AWS y la American Society of Mechanical Engineers (ASME) son revisadas por ANSI. Cuando se adoptan, llevan la identificación de ambas organizaciones.

Los ejemplos incluyen:

- ANSI/ASME B31.1, Sec. IX, Boiler and Pressure Code
- ANSI/AWS D1.1, Structural Welding Code – Steel

Otra norma común utilizada es el American Petroleum Institute API 1104, “Standard for Welding Pipelines and Related Facilities”. Como lo implica su nombre, esta norma se aplica a la soldadura de cañerías a través del territorio, y otros equipos usados en el transporte y almacenamiento de productos del petróleo. Esta la American Society for Testing and Materials (ASTM) produce muchos volúmenes de especificaciones que cubren numerosos materiales. Dichas normas incluyen tanto productos metálicos como no metálicos para muchas industrias.

2.1.3 Especificaciones

La especificación es “una descripción detallada de las partes de un todo; presentación y enumeración de particularidades, como el tamaño real o requerido, calidad, performance, términos, etc.”.

Documento que fija las características de un producto o un servicio, los niveles de calidad, funcionamiento, comportamiento seguridad o dimensiones. Pueden ser dibujos, modelos, documentos. Existen especificaciones de ensayo, fabricación, inspección, instalaciones, mantenimiento, proceso, prueba.

Otras organizaciones que han desarrollado especificaciones para sus industrias particulares son API y AWS. Las especificaciones API gobiernan

los requerimientos para materiales y equipos usados por la industria del petróleo. AWS desarrolló un número de especificaciones que describen los requerimientos para los metales de aporte de soldadura y tipos especializados de fabricación.

La serie A5.XX de especificaciones, AWS A5.1 hasta A5.31, cubren los requerimientos de distintos tipos de consumibles de soldadura y electrodos.

El American Welding Society (AWS) publica numerosos documentos que cubren el uso y control de calidad de la soldadura. Estos documentos incluyen códigos, especificaciones, prácticas recomendadas, clasificaciones, métodos y guías. Las publicaciones del AWS cubren las siguientes áreas de temas: Definiciones y símbolos; metal de aporte; calificación y ensayos; procesos de soldadura; aplicaciones de soldadura; y seguridad.

2.2 Calificación del Procedimiento de Soldadura

Un Procedimiento de Soldadura debe demostrar su capacidad de producir uniones soldadas que cumplan los requerimientos mínimos de calidad exigidos por el estándar de construcción. Un Procedimiento de Soldadura tiene 3 diferentes formas de demostrar su capacidad.

- Precalificación
- Calificación
- WPS estándar

2.2.1 Precalificación

Son WPSs con determinados procesos de soldadura y en determinados tipos de junta, que han sido ensayados y tienen un largo historial de buenos resultados. Un WPS precalificado puede ser utilizado en obra sin necesidad de ser calificado por ensayos destructivos y no-destructivos.

Esta alternativa es permitida sólo por algunos códigos como: AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel.

El uso de un WPS precalificado no implica que su uso generará uniones que cumplan los requerimientos o condiciones de calidad exigidas por el código.

Es responsabilidad del constructor verificar que las variables seleccionadas sean adecuadas para la aplicación específica.

Para que un procedimiento sea precalificado, todas, absolutamente todas las variables, deben cumplir con los requerimientos exigidos en la sección precalificación del estándar de construcción.

Un WPS precalificado también es un documento escrito.

2.2.2 Calificación

En la calificación del procedimiento se siguen los detalles establecidos por un WPS propuesto, se suelda un cupón. Luego de aprobados la inspección visual y los ensayos no destructivos requeridos por el estándar de construcción en el cupón soldado, se cortan especímenes y se ensayan mecánicamente.

El tipo, número de especímenes, forma de removerlos del cupón y resultados mínimos requeridos (criterios de aceptación) vienen especificados en el estándar de construcción.

Los valores reales de todas las variables utilizados en la soldadura del cupón así como el numero, tipo y resultados de los ensayos realizados, son registrados en un documento llamado Registro de la Calificación del Procedimiento de Soldadura (PQR – Procedure Qualification Record).

Si los criterios de aceptación de todos los ensayos requeridos (inspección visual, ensayos no destructivos y ensayos destructivos) son satisfechos, la calificación es exitosa y se pueden establecer WPSs basados en el PQR exitoso. Por lo tanto, un procedimiento de soldadura pasa por tres estados durante el proceso de calificación:

- WPS propuesto
- Calificación - PQR
- WPS

Un PQR exitoso puede sustentar varios WPSs. Procedimientos de soldadura suficientemente similares a aquél que fue ensayado, pueden ser sustentados por el mismo PQR.

2.2.3 Standard Welding Procedure Specification (SWPS)

Standard Welding Procedure Specification: ANSI/AWS B2.1, son procedimientos de soldadura generados por el esfuerzo cooperativo de American Welding Society y Welding Research Council.

Un SWPS debe cumplir las reglas para calificación del AWS B2.1, Specification for Welding Procedure and Performance Qualification y aprobado por el AWS Committee on Procedure and Performance Qualification. Todos los SWPS son soportados por un registro de calificación del procedimiento (PQR) que cumple con las reglas del AWS B2.1 y que además están destinadas a cumplir las reglas de los mayores códigos que gobiernan las aplicaciones como AWS Structural Codes (D1.1, D1.2, D1.3, etc.), AWS Sheet Metal Welding Code (D1.9), y ASME Boiler Pressure Vessel Code, Sección IX.

No son válidos si se usan condiciones ó variables fuera del rango especificado por el SWPS.

2.3 Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS)

Un WPS es un procedimiento de soldadura calificado escrito preparado para proporcionar la dirección para la ejecución de soldaduras de producción según los requerimientos.

El WPS completo describirá todas las variables esenciales, no esenciales, y cuando se requiera, las variables esenciales suplementarias para cada proceso de soldadura usado en el WPS.

El WPS hará referencia al registro de calificación del procedimiento (PQR). Un procedimiento de soldadura es una combinación de variables utilizada para construir una unión soldada. Se puede decir que es una “receta” cuyos “ingredientes” son llamados “variables”.

Un procedimiento de soldadura es una solución óptima a un problema, desde el punto de vista técnico y económico. Para que sea una “buena solución” en su elaboración debe participar un equipo.

Es una herramienta de comunicación; debe ser claro y disponible para todos los que lo necesiten.

- Debe ser un documento escrito.
- No tiene formatos obligatorios; sólo debe poder dar toda la información necesaria.
- La ejecución del mismo es responsabilidad del constructor.

Finalmente podemos decir que el propósito de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) y el Registro de Calificación del Procedimiento (PQR) es determinar que la soldadura propuesta para la construcción es capaz de tener las propiedades requeridas para su aplicación pretendida. Se presupone que el soldador u operador de soldadura que ejecuta la calificación del procedimiento de soldadura es una persona hábil.

2.4 Registro de Calificación de Procedimiento (PQR)

Un PQR es un registro de los datos de soldadura usados para soldar un cupón de ensayo. El PQR es un registro de las variables registradas durante la soldadura de los cupones. También contiene los resultados de los ensayos de las probetas. Las variables registradas caen normalmente dentro de un rango pequeño de los valores reales que serán usados en soldaduras de producción.

El PQR completo documentara todas las variables esenciales y cuando no se requiera las esenciales suplementarias para cada proceso de soldadura usado durante la soldadura de los cupones de ensayo. Todas las variables, si son registradas, serán los valores reales usados durante la soldadura de los cupones.

2.5 Variables

Los valores particulares de cada variable pueden tener influencia en las propiedades mecánicas y/o microestructura, sanidad, productividad, etc. Existen tres tipos de variables:

- Variables esenciales
- Variables esenciales suplementarias
- Variables no esenciales

2.5.1 Variables esenciales

Son aquellas que tienen directa influencia sobre las propiedades mecánicas de la unión soldada. El estándar de construcción establecido en los documentos de contrato, establece cuáles son las variables esenciales.

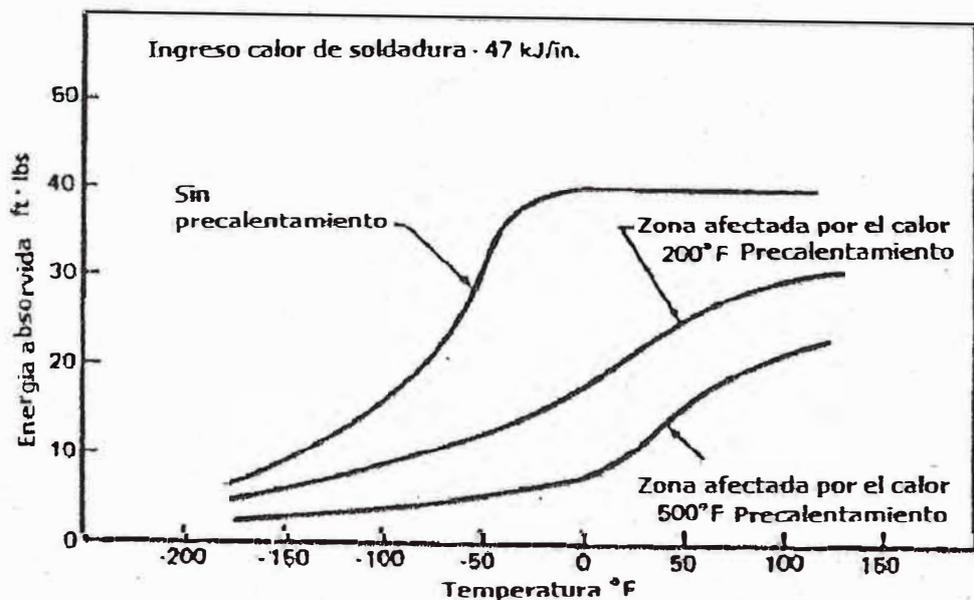


Figura N° 1 Efecto de la temperatura de precalentamiento en la prueba de tenacidad y la dureza de la zona afectada por el calor (2400 °F) en 12.5 mm de espesor del ASTM A514 o A517

2.5.2 Variables Esenciales Suplementarias

Tipo de variables existente en los diversos códigos, son aquellas que tienen directa influencia sobre la resistencia al impacto de la unión soldada. El estándar de construcción establecido en los documentos de contrato, establece cuáles son las variables esenciales suplementarias.

2.5.3 Variables no esenciales

Son aquellas que no tienen directa influencia sobre las propiedades mecánicas de la unión soldada. El estándar de construcción establecido en los documentos de contrato, establece cuáles son las variables no esenciales.

2.6 Calificación del Desempeño en Soldadura

En la calificación del soldador u operador de soldadura, el criterio básico es determinar la habilidad para depositar material sano.

Cada fabricante calificará a cada soldador u operador de soldadura para cada proceso de soldadura a ser usado en las soldaduras de producción. Las pruebas para calificación del desempeño serán soldados de acuerdo con el WPS calificado, excepto cuando la calificación de desempeño es hecho de acuerdo con un WPS que requiere un precalentamiento o tratamiento térmico post soldadura, estos pueden ser omitidos.

2.7 Procesos de Soldadura

Hay numerosos procesos de unión y corte disponible para el uso en la fabricación de productos metálicos, en el siguiente cuadro se muestra separado los métodos de unión y corte en distintas categorías, esto es, procesos de soldadura y procesos afines.

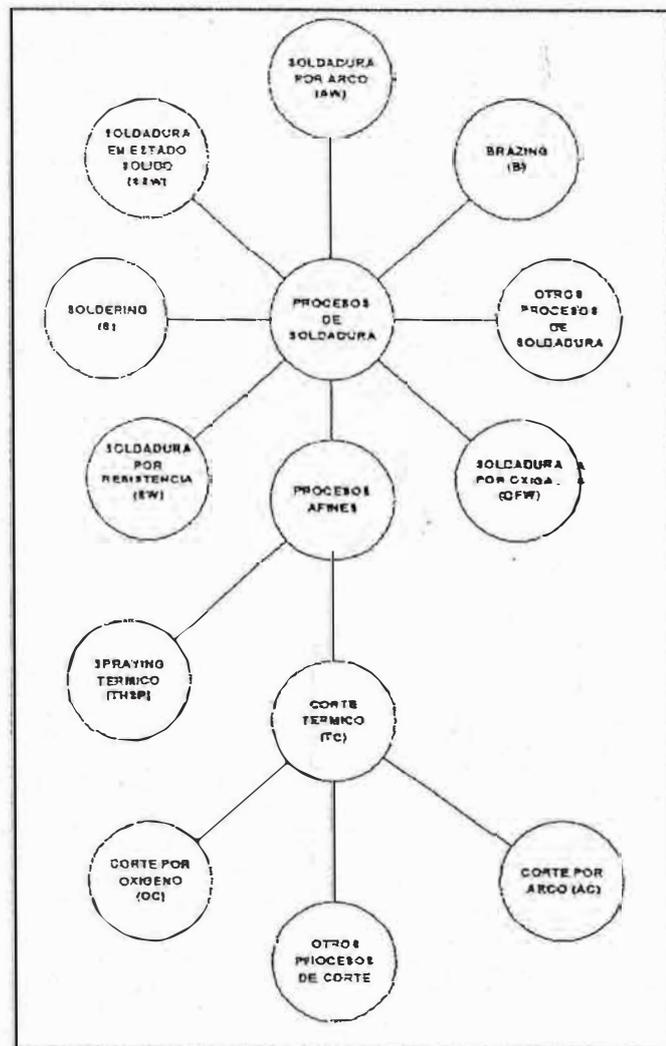


Figura N° 2 Esquema principal de procesos de soldadura y afines

Según la “American Welding Society” se tiene 107 procesos de soldadura, incluyendo sus variaciones, pero en el Perú los procesos más usados son:

2.7.1 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido (SMAW)

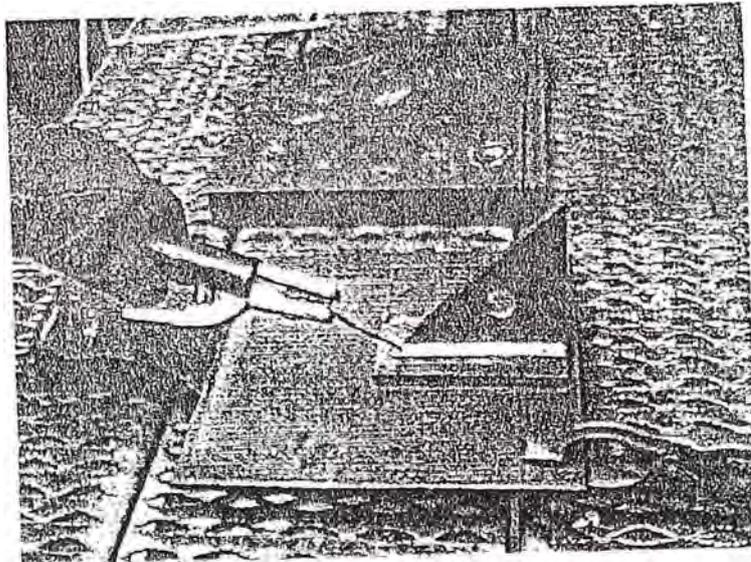


Figura N° 3 Proceso SMAW

2.7.2 Soldadura por Arco eléctrico con Alambre Sólido y Gas (GMAW)

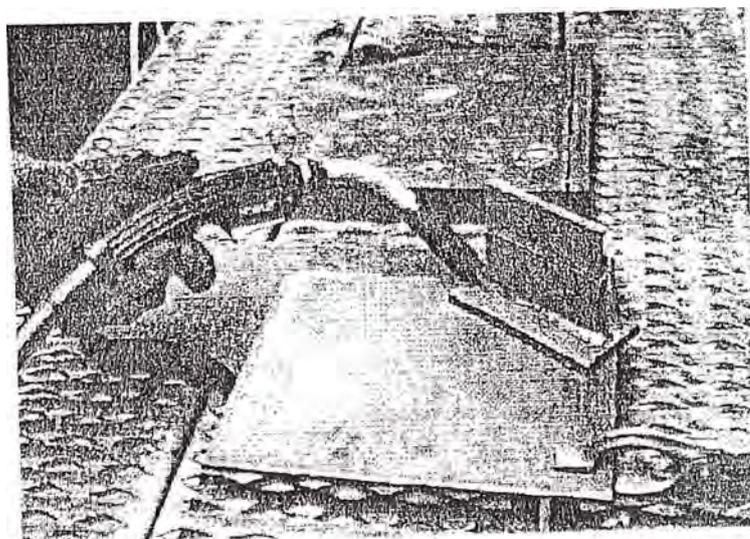


Figura N° 4 Proceso GMAW

2.7.3 Soldadura por Arco Eléctrico con Alambre Tubular Autoprotegido (FCAW-S)

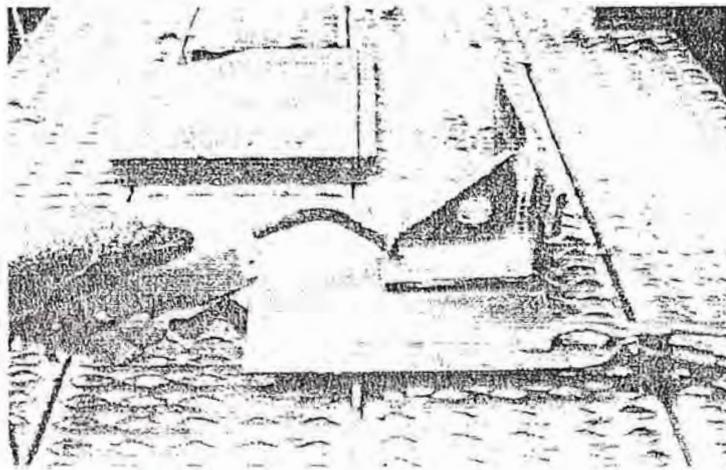


Figura N° 5 Proceso FCAW

También existe un proceso con alambre tubular que utiliza gas de protección y su nomenclatura es FCAW – G.

2.7.4 Soldadura por Arco Eléctrico Sumergido (SAW)

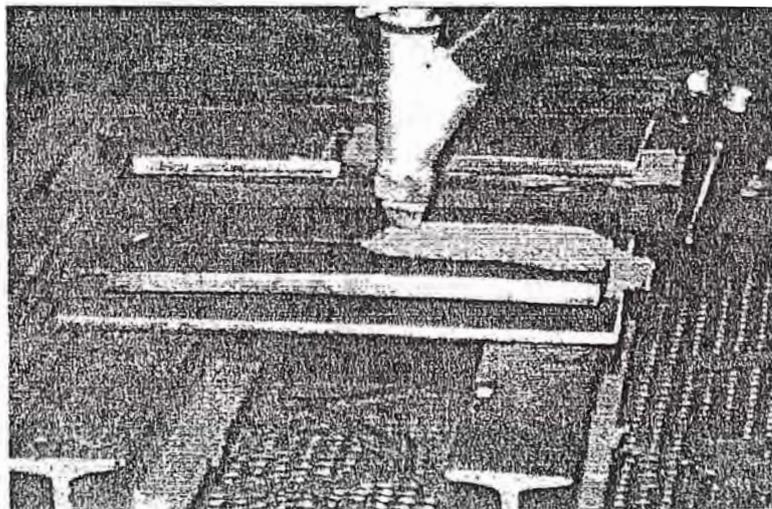


Figura N° 6 Proceso SAW

2.7.5 Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo de Tungsteno y Gas (GTAW)

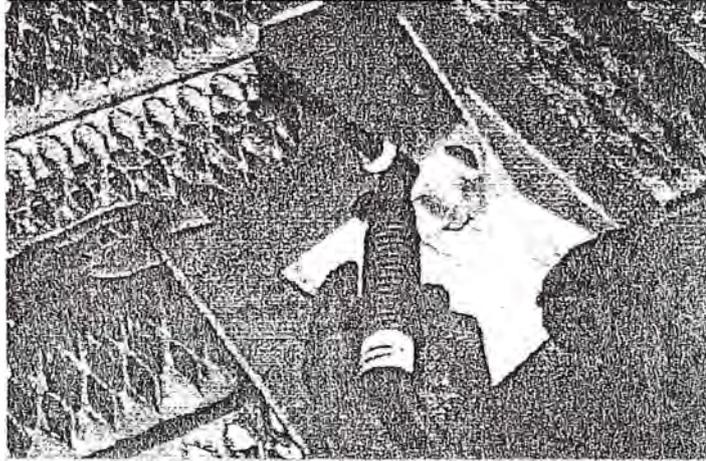


Figura N° 7 Proceso GTAW

2.7.6 Cuadro resumen de características principales

CARACTERÍSTICAS	SMAW	GMAW	FCAW-S	FCAW-G	GTAW	SAW
Eficiencia	60 - 70	90 - 98	75 - 85	80 - 88	97 - 99	90 - 95
Posiciones	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	No Sobrecabeza
Accesibilidad	Buena	Mediana	Mediana	Mediana	Baja	Baja
Aleaciones	Varias	Regular	Baja	Regular	Varias	Baja
Usa gas de Protección	--	Si	--	Si	Si	--
Usa fundente de protección	--	--	--	--	--	Si

Tabla N° 2 Características de procesos de soldadura

2.8 Posiciones de Soldadura

Las posiciones de soldadura son aquellas en las cuales se realizan los cordones de soldadura en una obra y las posiciones de calificación son aquellas en las cuales se califica un operario o un procedimiento de soldadura.

Seguidamente se puede corroborar en la tabla N° 2 que solo existen 4 posiciones de soldadura y en la figura N° 12 se puede apreciar los ángulos de inclinación respecto al eje y a la rotación de la cara del cordón de soldadura.

Posición	Referencia en el Diagrama	Inclinación respecto al Eje (°)	Rotación de la cara (°)
PLANA	A	0 a 15	150 a 210
HORIZONTAL	B	0 a 15	80 a 150
			210 a 280
SOBRECABEZA	C	0 a 80	0 a 80
			280 a 360
VERTICAL	D	15 a 80	80 a 280
	E	80 a 90	0 a 360

Tabla N° 3 Tabulaciones de posiciones de soldadura en chaflán

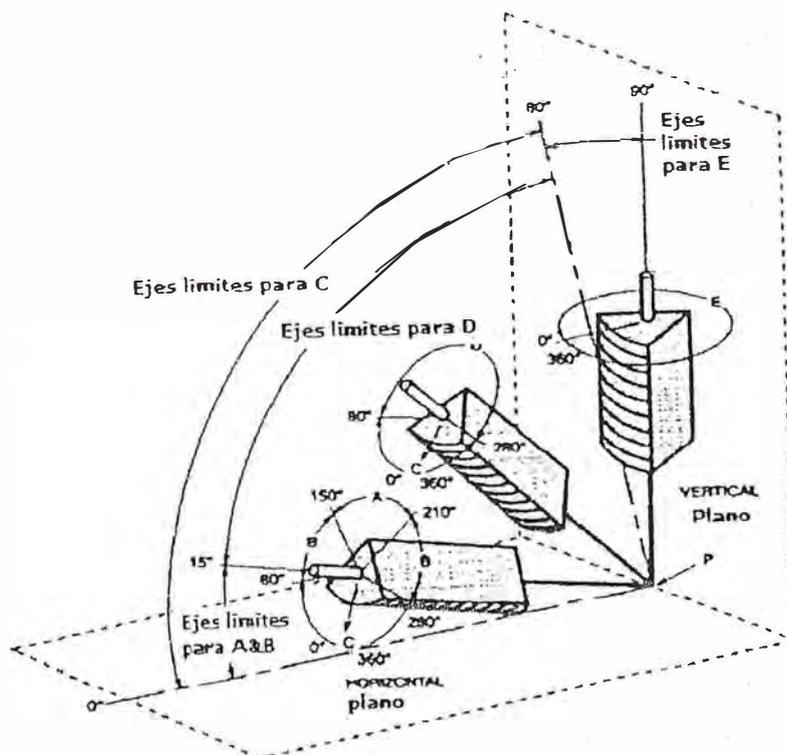


Figura N° 8 Límites de posiciones de soldadura

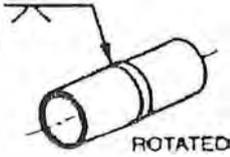
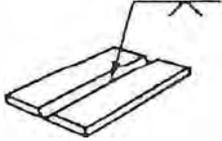
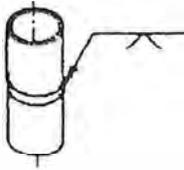
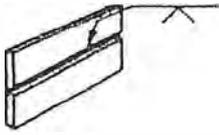
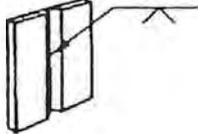
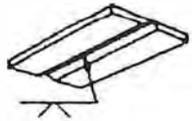
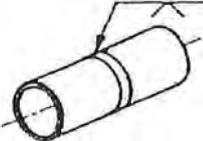
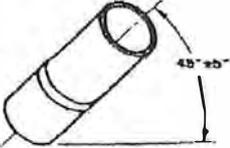
POSICION	TUBO	PLANCHA
1G y 1C PLANO	 <p>ROTATED</p>	
2G y 2C HORIZONTAL FIJO		
3G y 3C VERTICAL		
4G y 4C SOBRECABEZA		
5G y 5C FIJO		
6G y 6C FIJO	 <p>45°±5°</p>	

Figura N° 9 Posiciones de Calificación - Soldadura Groove, Cladding y Hardfacing

2.9 Base Metal Grouping

2.9.1 M – Number Grouping

Los metales base se han dividido en categorías generales (por ejemplo., M-Numbers 1, 1A, 3, 3A, 4, 4A, etc.), y dividido en grupo dentro de cada categoría general.

Para reducir el numero de calificaciones de procedimiento de soldadura requeridos, a los metales le han sido asignados un M- Number, para los metales de base ferrosa los cuales han especificado requerimientos de ensayos de impacto, número de grupo dentro de los M-Numbers. Estas designaciones están basadas esencialmente en las características comparables de los metales base, tales como composición química, soldabilidad y propiedades mecánicas, donde estas, lógicamente, pueden ser hechas. Estas designaciones no implican que el metal base pueden ser sustituido indiscriminadamente por un metal base el cual fue usado en los ensayos de la calificación sin consideración de la compatibilidad desde el punto de vista de propiedades metalúrgicas, tratamiento post soldadura, diseño, propiedades mecánicas y requerimientos de servicio. Donde la tenacidad a la entalla es una consideración, se presupone que el metal base cumple los requerimientos específicos. En el ANEXO 2 se muestra algunos materiales con sus respectivos M-Number.

2.10 Filler Metal Grouping

2.10.1 F - Numbers

Las siguientes agrupaciones “F-Numbers” de electrodos y varillas de soldadura, están basadas esencialmente sobre sus características de uso, la cual determina fundamentalmente la habilidad de los soldadores a hacer soldaduras satisfactorias con un metal de aporte dado. Esta agrupación es hecha para reducir el número de calificaciones de procedimientos de soldadura y de desempeño, donde esto, lógicamente, pueda ser hecho. La agrupación no implican que los metales de aporte dentro de un grupo puedan ser indiscriminadamente sustituidos por un metal de aporte el cual fue usado en el ensayo de calificación sin consideración de la compatibilidad del metal base y de aporte desde un punto de vista de propiedades metalúrgicas, tratamiento térmico de post soldadura, diseño y requerimientos de servicio y propiedades mecánicas. Ver ANEXO 3.

2.10.2 A – Numbers

Clasificación de análisis químico de metales de aporte ferrosos para calificación de procedimiento. En el ANEXO 4 se muestra un cuadro con los A-Numbers.

CAPITULO 3

CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

3.1 Generalidades

En este estándar se establecen 2 categorías de calificación de procedimientos de soldadura:

- Especificaciones de Procedimientos de Soldadura Estandar (SWPS_S).
- Procedimientos de Soldadura Calificado por la empresa.

Para determinar si SWPS o WPS calificado por la empresa son apropiados, se puede utilizar el siguiente diagrama de flujo mostrado en la figura N° 10. En el ANEXO 14 se muestra un ejemplo de una Especificación de Procedimientos de Soldadura Estandar.

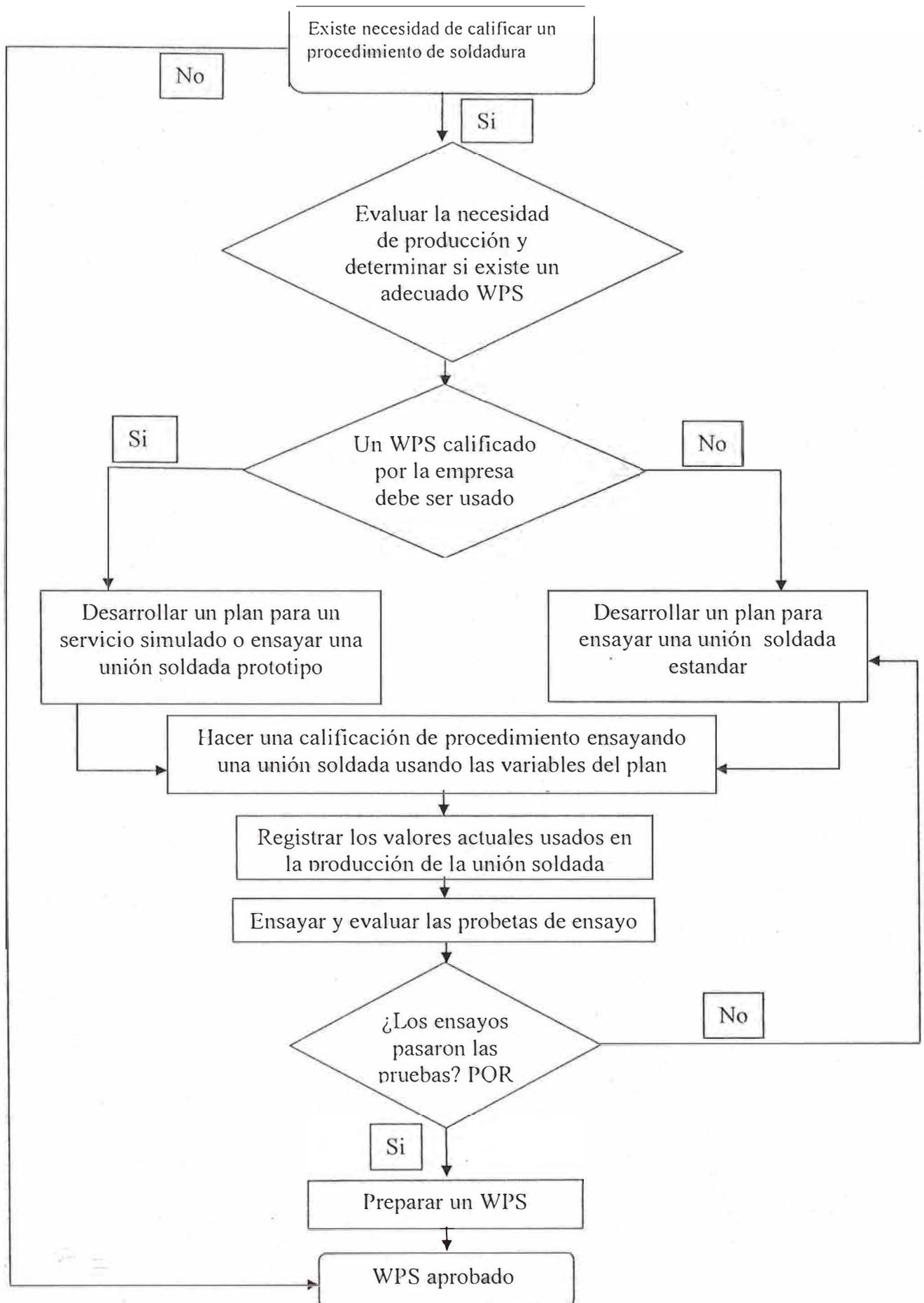


Figura N° 10 Diagrama de flujo para calificación de procedimiento de soldadura

A continuación se muestra la metodología propuesta para realizar la calificación de un procedimiento de soldadura, se va a indicar con un esquema y seguidamente se dará los alcances de cada uno de los pasos.

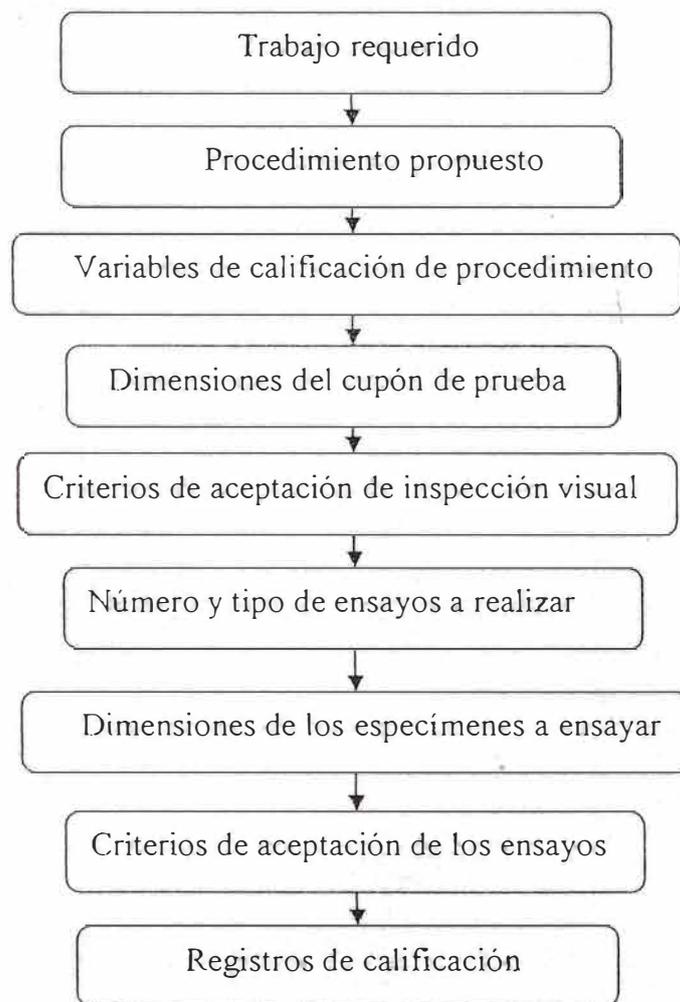


Figura N° 11 Esquema para calificación de procedimiento

3.2 Trabajo requerido

Para conseguir el procedimiento de soldadura más adecuado para el trabajo, se requiere la mayor cantidad de datos del trabajo a realizar, para lograr una eficiente selección de variables.

3.3 Procedimiento propuesto

Este es el procedimiento que por experiencia es utilizado, pero debido a la envergadura de los trabajos hoy en día no tienen ningún valor o credibilidad para su ejecución si estos procedimientos no son validados con respecto a una norma. Para la elaboración de este procedimiento propuesto se debe tener en cuenta los siguientes pasos importantes:

- Identificación del metal base
- Selección del proceso de soldadura
- Selección del material de aporte
- Técnica de soldadura

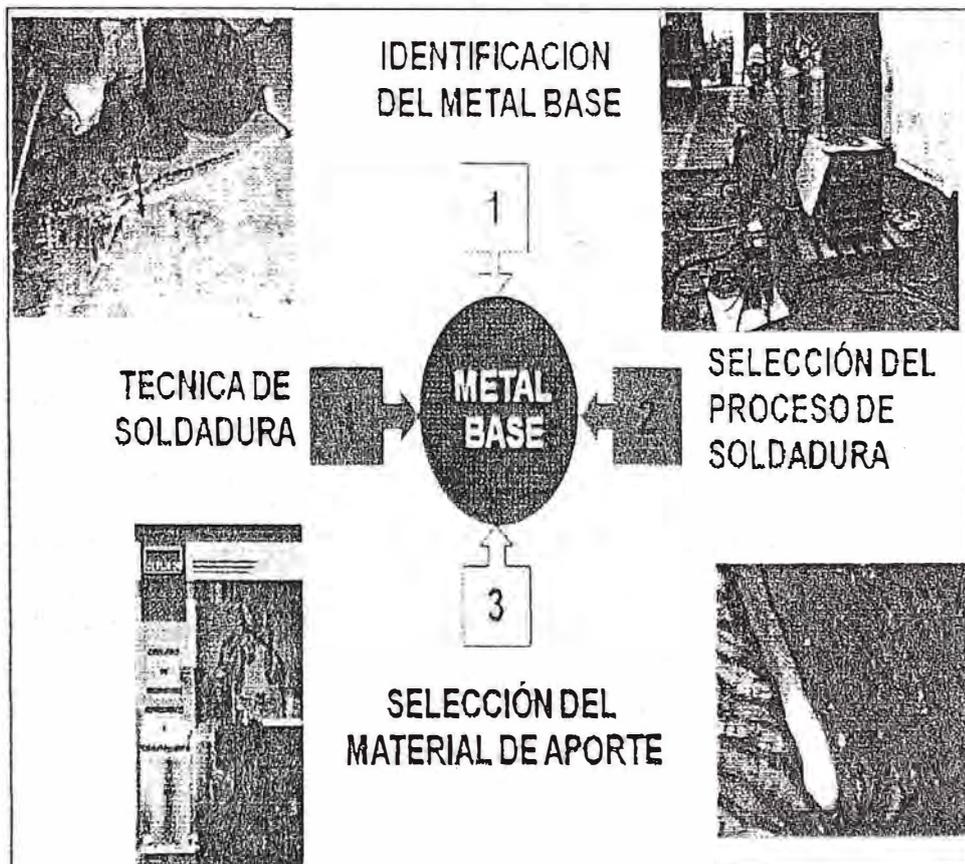


Figura N° 12 Criterios para elaborar un procedimiento propuesto

3.4 Variables de calificación de procedimiento

La Tabla N° 4 indica los datos de soldadura a ser incluidos en un WPS para el proceso SMAW, la lista completa de datos del WPS para los distintos procesos se muestra en el ANEXO 13. Un WPS puede ser presentado en cualquier formato, escrito o tabulado. El WPS puede listar variables registradas en el PQR dentro del rango completo permitido para calificar variables.

La lista de variables del procedimiento de calificación se muestra en el ANEXO 5. A continuación se muestra la Tabla N° 5 con las principales variables de la calificación de procedimiento para registrar en el PQR del proceso de soldadura SMAW. Un cambio en las variables de calificación de procedimiento requiere recalificación del procedimiento. El PQR deberá listar los valores de las variables actuales usadas, dentro de los límites del rango empleado.

Donde debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Q - Variable de calificación para toda aplicación

T - Variable de calificación para aplicaciones de dureza

C - Variable de calificación para recubrimiento tipo cladding

H - Variable de calificación para recubrimiento tipo hardfacing

DATOS DEL WPS	SMAW
Diseño de junta	
Tipo de junta y dimensiones	X
Metodo de resane de raiz	X
Tipo de material usado en el baking	X
Metal base	
Numero de material (M Number), subgrupo	X
Espesor de rango calificado	X
Diametro	X
Metal de aporte	
clasificacion, especificacion, F-Number, A-Number ó sino clasifica la composicion nominal	X
Espesor de metal depositado por proceso y metal de aporte clasificado	X
tamaño de metal de aporte o diametro	X
Posicion	
Posicion de soldadura	X
Progresion de soldadura vertical	X
Pre calentamiento e interpase	
Minima temperatura de pre calentamiento	X
Maxima temperatura de interpase (si es aplicable)	X
Mantenimiento de temperatura de pre calentamiento	X
Tratamiento termico	
Temperatura de PWHT y tiempo	X
Electricas	
Corriente, tipo de corriente y polaridad	X
un cambio a corriente pulsada	X
Variables	
Procesos de soldadura manual, semiautomatico, mecanizado o automatico.	X
Simple o multipase	X
Limpieza	X
Martilleo	X
Simple o multipase	X
Pase ancho o angosto	X

Tabla N° 4 Datos de la especificación de procedimiento

VARIABLES ESENCIALES	SMAW
Diseño de junta	
Un cambio de fileta a soldadura a tope	Q
Un cambio en el M-Number del backing	Q
24, M-26, or M-27) metales base tratados termicamente	Q
Base Metal	
Un cambio en el espesor del metal base mas de lo permitido en esta especificacion	Q
Un cambio de un M-Number Group Number a otro M-Number Group Number, excepto donde es permitido	Q
Un cambio de un M-Number Group a cualquier otro M-Number Group	T
Un cambio de una junta entre el mismo M-Number, a una junta entre diferentes M-Number o viceversa, excepto que se permita otra cosa, o para M-Numbers 1, 3, 4 and 5 (de 3% max. Cromo).	Q
Un cambio de un M-5 group (A, B, etc.) a cualquier otro. Un cambio de M-9A a M-9B, pero no viceversa. Un cambio de un M-10 o M-11 group (A, B, etc.) a cualquier otro grupo.	Q
Un cambio de un metal sin recubrimiento a uno recubierto (como pintura o galvanizado) a menos que el recubrimiento es removido del area soldada antes del trabajo de soldadura, pero no viceversa, excepto donde es permitido.	Q
Metales de aporte	
Un cambio de un F-Number a cualquier otro F-Number o cualquier metal de aporte no listado en el anexo 3	Q
Para materiales ferrosos, un cambio de un A-Number a cualquier otro A-Number o a un analisis de metal de aporte no listado en el anexo 3 (el PQR y WPS indicara la composicion nominal, la clasificacion AWS, o designacion del fabricante del metal de aporte que no entran en un A-Number group). Calificacion con A-1 calificara para A-2 y vice versa.	Q
Un cambio en la clasificacion del metal de aporte según AWS	T

Tabla N° 5 Variables del procedimiento de calificación

Un cambio en el esfuerzo a la tension del metal de aporte excediendo 10 000 PSI, o un cambio en el metal de aporte clasificado para un esfuerzo menor que el minimo esfuerzo a la tension final especificado del metal base.	Q
Un cambio en el espesor del metal soldado mas alla de lo permitido.	Q
Posicion	
Un cambio de cualquier posicion a la posicion vertical, progresion ascendente. Vertical en progresion ascendente califica todas las posicion.	T
Adicion de una posicion de soldadura , excepto que otra posicion diferente a la plana califique para plana.	CH
Pre calentamiento y re	e interpase
Una disminucion en la temperatura de pre calentamiento mas de 38 °C que el calificado.	Q
Un incremento mas de 38°C en la maximo temperatura de interpase que el registrado en el PQR.	T
Para materiales tratados termicamente M-23, M-24, M-26 y M-27 un incremento en la temperatura de pre calentamiento o interpase mas de 38 °C que el calificado.	Q
Tratamiento termico post soldadura	
Para los siguientes M-Numbers 1,3,4,5,6,7,9,10,11 , y 12 un cambio de cualquier condicion requiere recalificacion: a) No PWHT b) PWHT debajo de la temperatura de transformacion. c) PWHT dentro del rango de la temperatura de transformacion. d) PWHT por encima de la temperatura de transformacion superior. e) PWTH encima de la temperatura de transformacion superior, seguido por un tratamiento	Q
Caracteristicas electricas	
Ingreso de calor	T
Other Variables	
Un cambio en el proceso de soldadura	Q
Un cambio de pase multiple por lado a pase simple por lado	T

Tabla N° 5 Variables del procedimiento de calificación - Continuación

3.5 Dimensiones del cupón de prueba

Lo primero que tenemos que hacer para saber la dimensión del cupón de prueba es identificar los ensayos requeridos para determinada aplicación.

3.5.1 Ensayos requeridos para calificación

Los ensayos requeridos para la calificación de procedimiento varían dependiendo del tipo de soldadura a realizar:

- Soldadura en chaflán
- Soldadura filete
- Soldadura pernos
- Soldadura de recubrimiento
- Recubrimiento duro

Como podemos observar en la tabla N° 6 para la calificación de una soldadura en chaflán se debe examinar visualmente, prueba de dobléz, ensayo de tracción.

		Soldadura filete					
Tipo de ensayo	Soldadura en chaflán	Prueba de rotura	Prueba de corte alternativa	Soldadura puros	Soldadura de recubrimiento	Recubrimiento duro	
Inspeccion visual	Si	Si	Si	Nota 2	Nota 2	Nota 2	
Ensayo de doblez guiado	Si (Nota 1)	-			Si		
Ensayo de tension	Si	-		Si ó Torque			
Inspeccion macrografica	Nota 1	Si	Si	Si		Nota 2	
Ensayo doblez	Nota 1	Si		Si			
Ensayo torque	-	-		Si ó Tension			
Ensayo de resistencia a la fractura	Nota 2	-					
Prueba de corte	-	-	Si				
Inspeccion con liquidos penetrantes	-	-			Si	Nota 2	
Análisis químico	-	-			Si	Nota 2	
Prueba de dureza	-	-				Si	
Notas:							
1.- El uso de la inspeccion macrografica en lugar del ensayo de doblez sera permitido solo si el material no puede ser doblado dentro de las limitaciones dimensionales del ANEXO 8.							
2.- Si se especifica en las referencias documentarias							

Tabla N° 6 – Ensayos requeridos para calificación de procedimiento

Cada aplicación tendrá sus límites de rangos calificados por el procedimiento de calificación ensayado.

Las limitaciones en las tablas mostradas se basan en los siguientes criterios:

- El tamaño y número de pases en soldadura en filete.
- Espesor del metal base y metal depositado para soldadura en chaflán.
- Espesores de metal base para soldadura de recubrimiento y recubrimiento duro

- Espesores de metal base para chapa.
- Soldaduras en chaflán con penetración completa, califican para soldadura en chaflán con penetración parcial dentro de los límites de calificación, y soldaduras en filete en todos los espesores y diámetros.
- Cuando múltiples procesos o múltiples metales de aporte son usados en un ensayo, los rango de espesores permitidos para el uso en el WPS debe ser separadamente aplicado para cada proceso y metal de aporte, cada uno de ellos debe ser registrado en el PQR.

Rango de espesores y tamaños calificados		
Ensayo de union soldada en filete	Espesor de metal base (a,b,c,d)	Tamaño de filete
Pase simple	Ilimitado	Maximo tamaño de soldadura de filete en pase simple y menores
Pase multiple	Ilimitado	0,5 de la soldadura durante la calificacion a ilimitado
<p>Nota</p> <p>a.- Para OFW, el maximo espesor de metal base calificado es el espesor del ensayo de union soldado</p> <p>b.- Para GMAW-transferencia en corto circuito, el maximo espesor de metal base calificado es 1.1 veces del espesor del ensayo de union soldada.</p> <p>c.- Para aplicaciones de resistencia a la fractura menos que 5/8" de espesor, el espesor del metal base del ensayo de union soldado es el minimo espesor de metal base calificado.</p> <p>d.- Para aceros M-11, los tamaños de filete calificados seran igual o menos que el tamaño de filete usado en el ensayo.</p> <p>e.- Si el ensayo de union soldado recibe un tratamiento termico post soldadura excediendo la mas baja temperatura de transformación, el maximo espesor de metal base calificado es 1.1 veces el espesor del metal base del ensayo de union soldada.</p>		

Tabla N° 7 Espesores y tamaños limites de soldadura de filete para calificación de procedimiento

Por ejemplo en la tabla N° 8 podemos apreciar, si nuestro cupón de prueba de una soldadura con chaflán en plancha tuvo un espesor de 12.5 mm, el rango calificado será 4.7 mm hasta 25 mm.

Espesor del ensayo de union soldado (I) (in.)	Espesor de metal base calificado (II)		Espesor calificado del metal de aporte depositado (in.)
	Minimo	Maximo	Maximo
1/8" a 3/8"	1/16"	2T	2t
Sobre 3/8" pero menos que 3/4"	3/16"	2T	2t
3/4" a menos que 1-1/2"	3/16"	2T	2t cuando $t < 3/4"$
			2T cuando $t \geq 3/4"$
1-1/2" a menos que 6"	3/16"	8"	2t cuando $t < 3/4"$
			8 cuando $t \geq 3/4"$
6" y mas	1"	1.33T	2t cuando $t < 3/4"$
			8 cuando $3/4" \leq t < 6"$
			1.33t cuando $t \geq 6"$

Tabla N° 8 Espesores limites de plancha y tubo de soldaduras en chaflán para calificación de procedimiento (ver ANEXO N° 15)

De la misma manera AWS B2.1 nos muestra espesores límites para recubrimientos y recubrimiento duro.

Espesor del ensayo de union soldado (I) (in.)	Espesor de metal base calificado (in.)	
	Minimo	Maximo
Menos que 1	T	Ilimitado
1 y mas	1 (in.)	Ilimitado

Tabla N° 9 Espesores limites para calificación de procedimiento de soldadura de recubrimiento y recubrimiento duro.

3.5.2 Ensayo de uniones soldadas en chaflán

De acuerdo al AWS B2.1, la longitud para la prueba de una unión soldada en chaflán debe proporcionar los especímenes necesarios para los ensayos requeridos.

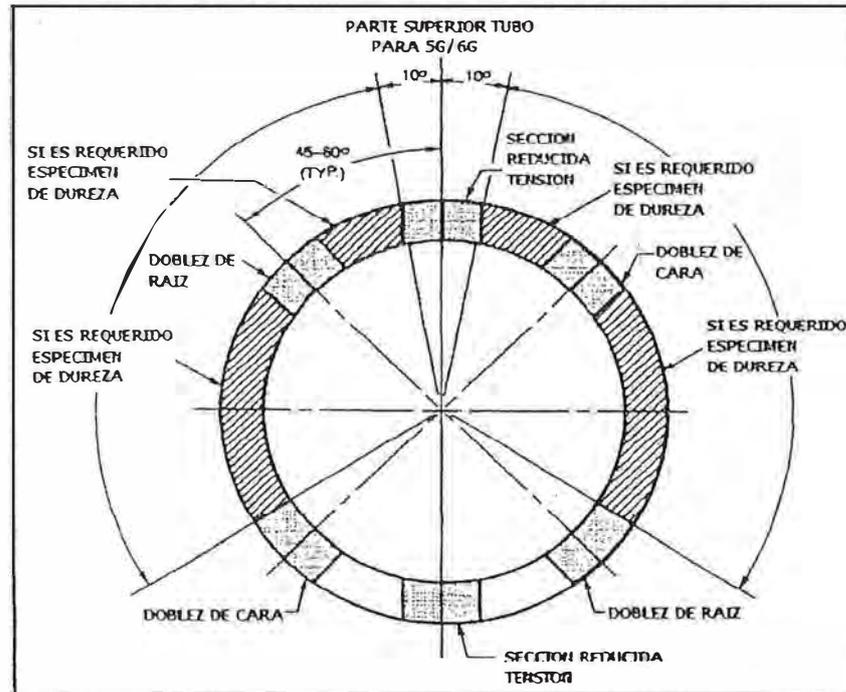


Figura N° 13 Localización de especímenes de prueba de soldadura en chaflán-tubo

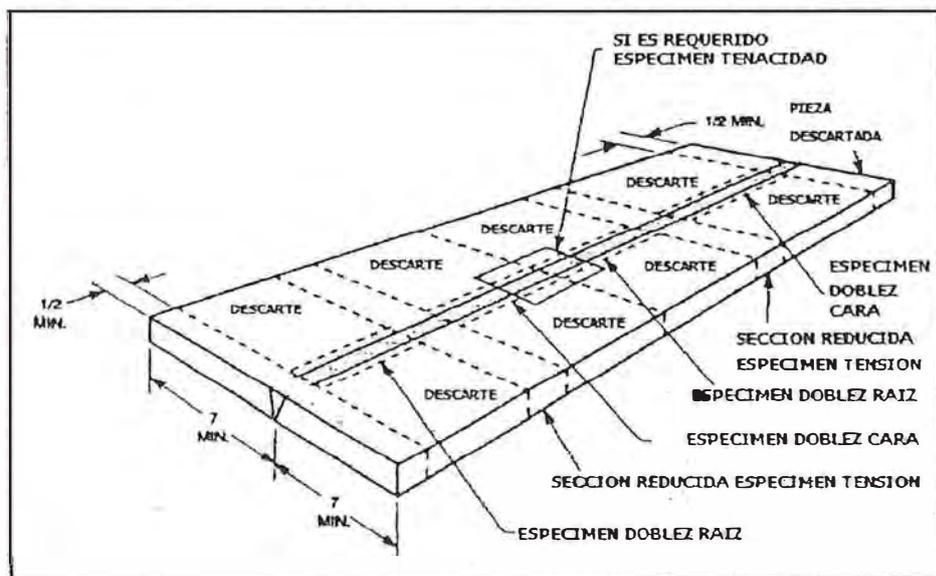


Figura N° 14 Localización de especímenes de tensión, dobladura longitudinal y resistencia a la rotura en plancha y chapa

Como pudimos observar primero seleccionamos el tipo de soldadura, esto va a depender del trabajo requerido, luego pasamos a ver donde aplicaremos el tipo de junta, podría ser por ejemplo en tubería o plancha, según la Figura N° 14 y la tabla N° 6 podemos darnos cuenta de los ensayos requeridos y así tener las dimensiones del cupón que necesitaremos.

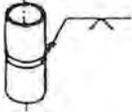
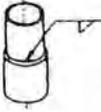
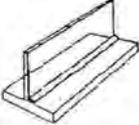
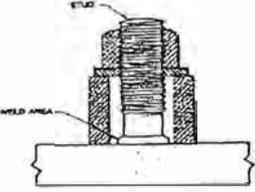
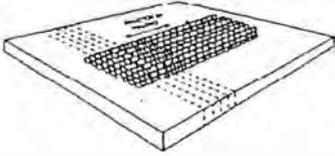
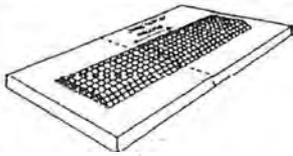
Soldadura en chaflán		
Soldadura de filete		
Soldadura de pernos		
Soldadura de recubrimiento		
Recubrimiento duro		

Figura N° 15 Tipos de soldadura

3.6 Criterios de aceptación de inspección visual

Seguidamente se tiene que comparar las medidas del cupón con las que indica el código, con lo cual se va a conocer si la junta es de calidad o no, lógicamente si la junta es de calidad continuaría al siguiente paso.

Antes de cortar los especímenes, la soldadura debe ser inspeccionada visualmente en toda su longitud teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- No debe tener evidencia de fisuras, fusión incompleta o penetración incompleta.
- La profundidad de las socavaciones no debe exceder del 10% del espesor del material base o 1/32".
- Las porosidades no deben exceder de los límites de la referencia documentaria.

3.7 Número y tipo de ensayos a realizar

Después de la inspección visual, la unión soldada debe ser evaluada usando los especímenes para cada ensayo según indica la Tabla N° 6 – Ensayos requeridos para calificación de procedimiento.

El siguiente paso es reconocer el número y tipo de ensayos que se requieren hacer al cupón. Según el tipo de junta a realizar.

Los especímenes deben ser preparados de acuerdo al ANEXO 6, 7 y 8 para el caso de soldaduras a tope. Para el caso mencionado el ANEXO 6 nos indicara la preparación de probeta para el ensayo de doblez longitudinal o transversal. El ANEXO 7 otorgara las dimensiones de la probeta de tensión sección reducida. El ANEXO 8 mostrara las dimensiones de los implementos para el ensayo de doblez a utilizar según el tipo de material ensayado. Para el caso de un material no listado se tendrá que calcular el espesor del material o diámetro del punzón a utilizar, según la siguiente fórmula:

$$TS = \frac{A \times \%Elongacion}{100 - \%Elongacion}$$

TS: Espesor del espécimen

A: Diámetro del punzón

Conociendo los tipos de ensayos que se debe realizar al cupón de prueba, se debe obtener los especímenes a ensayar de acuerdo a los requerimientos del código.

Para saber si un ensayo cumple con el código, se tiene que comparar los resultados con los criterios de aceptación de cada uno de los ensayos.

3.8 Dimensiones de los especímenes a ensayar

Para obtener las dimensiones de los especímenes a ensayar en una soldadura a tope debemos utilizar el ANEXO 6, 7 y 8. En otros tipos de aplicaciones tal vez se tenga que realizar macrografía este es el caso de la calificación de soldadura a filete como se muestra en la Figura N° 17

3.9 Criterios de aceptación de los ensayos

Cada espécimen del ensayo de tensión debe tener un esfuerzo de tensión no menor a:

- El mínimo esfuerzo de tensión especificado del metal base o del más débil de los 2 metales base si metales de diferentes mínimo esfuerzo de tensión son usados.
- El mínimo esfuerzo de tensión especificado del metal de aporte cuando la referencia documentaria para uso del depósito de soldadura tiene menos esfuerzo de tensión que el metal base.
- Si el espécimen rompe en el material base fuera de la soldadura o en la interfase, el ensayo debe ser aceptado, verificando que el esfuerzo no es más del 5% debajo del mínimo esfuerzo de tensión especificado del metal base.
- Si el metal base no especifica mínimo esfuerzo de tensión entonces la fractura en el metal base debe ser aceptable.

Para el doblado no deben evidenciar discontinuidades mayores a 1/8 pulgada, en cualquier dirección de la superficie convexa del espécimen doblado. La presencia de fisuras en las esquinas del espécimen no debe ser considerada a menos que exista evidencia que es el resultado de una discontinuidad.

Para el ensayo de resistencia a la fractura, el tipo de prueba, número de especímenes, y criterios de aceptación deben ser de acuerdo con la referencia documentaria. Los procedimientos deben ser conforme a los requerimientos de ANSI/AWS B4.0, Standard Methods for Mechanical Testing of Welds.

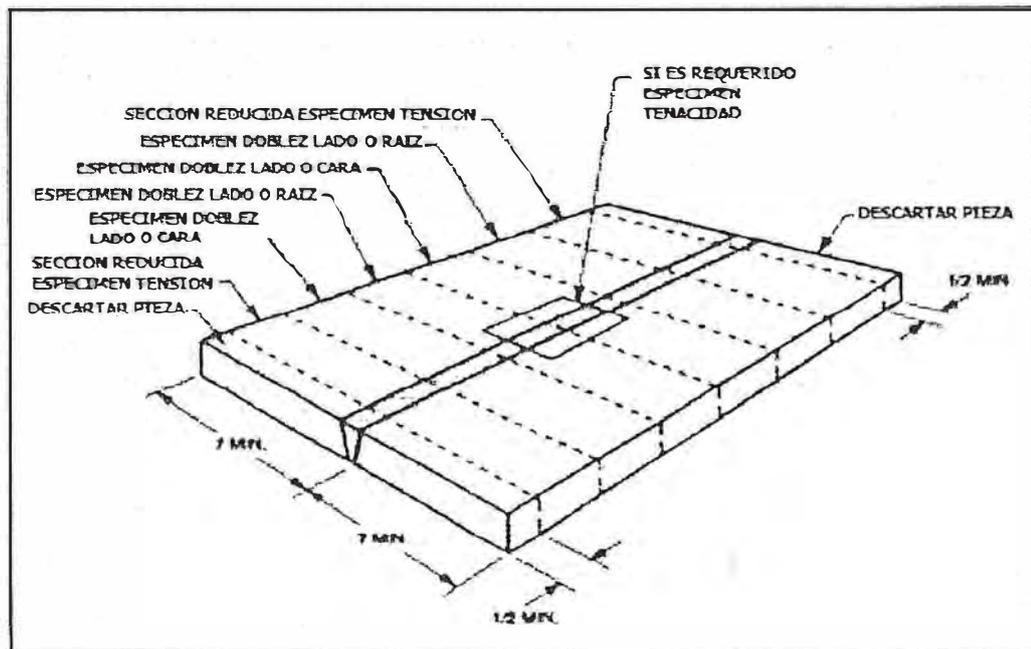


Figura N° 16 Localización de especímenes de tensión, doblado transversal y resistencia a la rotura en plancha y chapa.

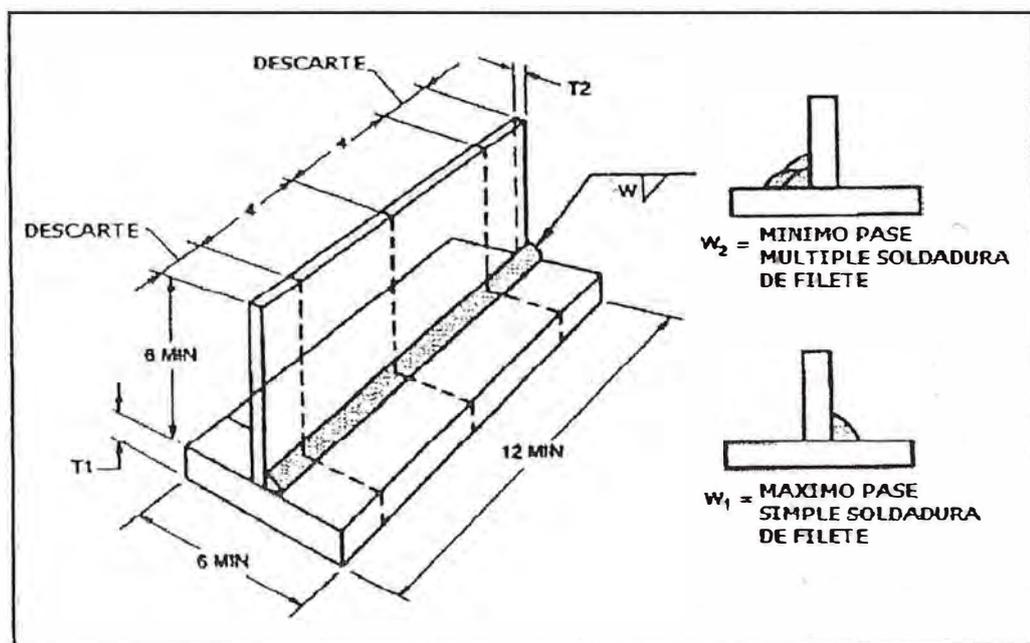


Figura N° 17 Especímenes prueba rotura de filete y macroataque para calificación de procedimiento

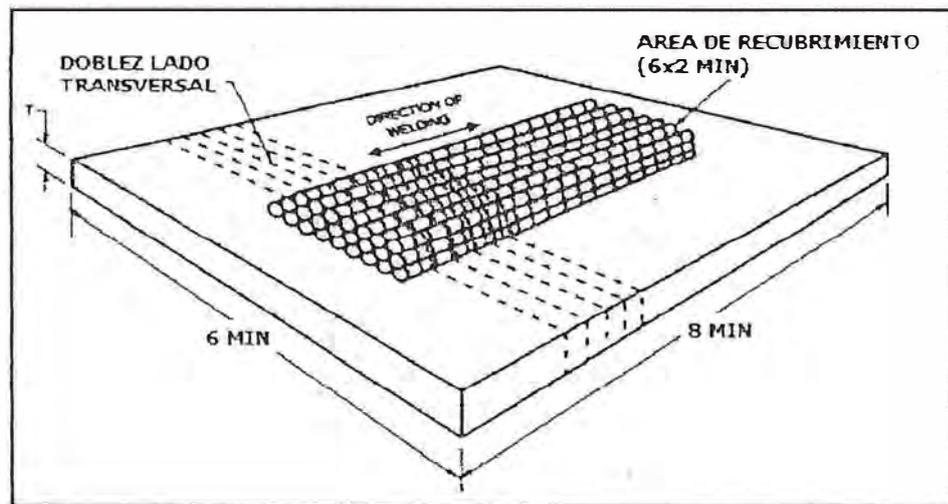


Figura N° 18 Localización de especímenes para soldadura de recubrimiento

Se muestra en las figuras N° 16, 17 y 18 otros tipos de aplicaciones que AWS B2.1 también hace mención para calificación de procedimiento.

3.10 Registro de la calificación

Finalmente los resultados de los ensayos y las variables utilizadas en la calificación del procedimiento de soldadura se registran en un documento llamado “registro de calificación de la especificación del procedimiento de soldadura (PQR)”, con este documento ya se puede generar especificaciones de procedimientos de soldadura (WPS) que se requieran en el trabajo a realizar, siempre y cuando que sus variables esenciales no se encuentren fuera del rango calificado. Adicionalmente cada (WPS) puede ser soportado por uno o más (PQR). Los formatos modelos para PQR y WPS se muestran en el ANEXO 9 y ANEXO 10 respectivamente.

CAPITULO 4

CALIFICACION DE SOLDADORES

4.1 Generalidades

En este capítulo veremos todo lo relacionado con la calificación del soldador. La siguiente figura es proporcionada para ayudar al usuario en determinar el tipo de inspección o ensayo que son requeridos para calificar un soldador usando esta especificación.

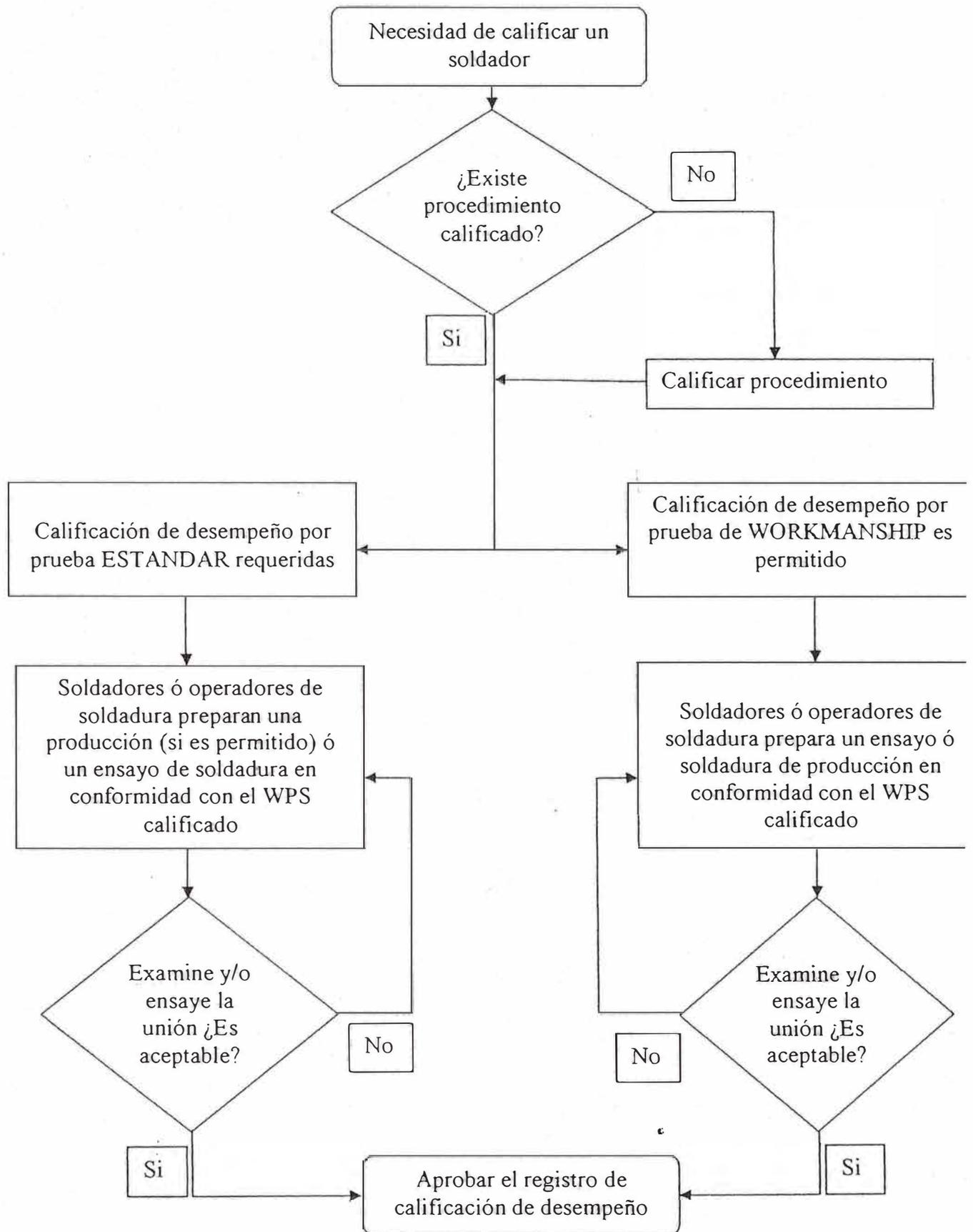


Figura N° 19 Diagrama de flujo para calificación desempeño – Prueba WORKMANSHIP o Prueba ESTANDAR

A continuación se muestra la metodología propuesta para realizar la calificación de soldadores, se va a indicar con un esquema y seguidamente se dará los alcances de cada uno de los pasos.

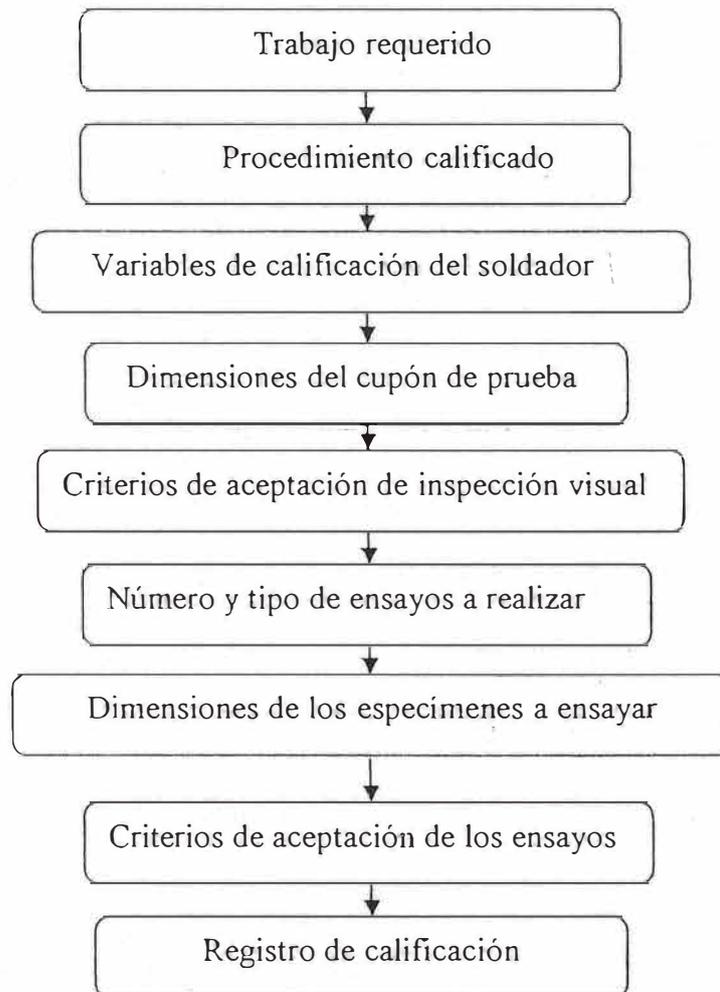


Figura N° 20 Esquema para calificación desempeño

4.2 Trabajo requerido

Debido a la variedad de trabajos que puede realizar un soldador, es muy importante reunir la mayor cantidad de información sobre la obra, para obtener una calificación rápida y adecuada al trabajo.

4.3 Procedimiento calificado

El procedimiento calificado nos servirá no solamente para los trabajos de producción sino también para poder calificar a otros soldadores.

4.4 Variables de calificación del soldador

La calificación en un WPS también lo calificará para soldar cualquier otro WPS dentro de los límites mostrados en 3.4 del AWS B2.1 y las siguientes variables para calificación de desempeño:

Soldadores

Un cambio de cualquier variable listada requerirá recalificación del soldador:

- Un cambio en el proceso de soldadura.
- La omisión de plancha de respaldo.
- Un cambio en el metal de aporte (Numero F), excepto como permite en 3.4.2 de AWS B2.1 indique otra cosa.
- Un cambio en el material base, excepto como permite en 3.4.1 del AWS B2.1.
- Para OFW, un cambio en el tipo de gas combustible.

- Para GTAW, un cambio de corriente alterna a directa o viceversa, o un cambio e polaridad.
- Un cambio en la posición de calificación, excepto como permite en 3.4.3 del AWS B2.1
- Un cambio en la progresión de soldadura vertical (ascendente, descendente o vice versa), para cualquier pase excepto pases de raíz que son completamente removidos.
- Para GMAW, un cambio de transferencia spray, globular o spray pulsado a transferencia en corto circuito, o viceversa.
- Para GMAW, GTAW ó PAW, omisión o adición de insertos consumibles, o supresión del gas de protección en la raíz excepto que se suelden en doble V, penetración parcial soldadura de filete.
- Un cambio en espesores o diámetros de la prueba excepto como permite en la tabla 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 de AWS B2.1

Operadores de soldadura

- Un cambio en el proceso de soldadura.
- Un cambio de control visual directa a control visual a distancia ó viceversa.
- Un cambio en la posición excepto como es permitido en tabla 3.5.
- Omisión de insertos consumibles
- Para GMAW un cambio de cualquier modo de transferencia al corto circuito.
- Un cambio en el metal base excepto como permite en 3.4.1 en AWS B2.1

4.5 Dimensiones del cupón de prueba

Para conocer las dimensiones del cupón de prueba debemos saber cuál será el tipo de unión a utilizar.

4.5.1 Pruebas de uniones soldadas

Según el tipo de aplicación a utilizar la siguiente tabla nos muestra los tipos de pruebas para calificar al soldador. Por ejemplo para una soldadura en chaflán, necesitamos:

- Inspección visual
- Radiografía o ensayo de doblez.

El ensayo radiográfico puede ser sustituido por un ensayo de doblez.

Tipo de ensayo	Tubo o plancha		Chapa		Superficie	
	Chaflán	Filete	Chaflán	Filete	Recubrimiento	Recubrimiento duro
Inspección Visual	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Radiografía	Si ^a (en lugar de doblez)		Si ^a (en lugar de doblez)			
Ensayo doblez	Si ^a		Si ^a		Si	
Ensayo doblez-rotura		Si ^b		Si		
Inspección macrográfica		Si ^b				Si

Notas

a. Radiografía puede ser sustituido por ensayo de doblez para los procesos SMAW, GTAW, GMAW (excepto corto circuito), FCAW, PAW, y SAW, como aplicable, para calificaciones en todos los metales base excepto M-5X y M-6X. Pruebas de GTAW en M-5X y M-6X puede ser calificado con radiografía.

b. Los requerimientos para ensayo doblez-rotura y macrografía no se aplica para soldadores que con éxito completen la prueba de calificación de procedimiento en filete (donde ensayo de corte, mas inspección visual y macrografía son usados).

Tabla N° 10 Tipos de ensayos requeridos para calificación de desempeño

Posición de prueba	Forma del producto			
	Plancha	Tubo	Tubera	Chapa
1G	2	2	2	2
2G	2	2	2	2
3G	2	-	-	2
4G	2	-	-	2
5G	-	4	4	-
6G	-	4	4	-

Tabla N° 11 Numero de pruebas de dobléz para calificación de desempeño

Dependiendo del tipo de material base (Numero M) con que se realizo la prueba, el siguiente cuadro nos muestra los materiales también calificados para la soldadura de producción.

Ensayo de la union soldada del material (Nota 1)	Materiales calificados para soldadura de produccion (Nota 2)
M-1 hasta M-11 ó M-4X	Materiales M-1 hasta M-11, M-4X
M-21 hasta M-27	Cualquier material M-2X
M-31 hasta M-33 y M-35	Solo el especificado M-X usado en la prueba de calificacion
M-34 ó M-42	Cualquier material M-34 ó M-42
M-5X ó M-6X	Cualquier M-5X y M-6X
M-81 ó M-83	Cualquier M-81 y M-83
Nota:	
1.- Si el material usado en la prueba de calificacion no se encuentra listado, los soldadores ó operadores de soldadura deben ser calificados para soldar solo en el material usado en el ensayo de union soldada.	
2.- Tambien califican materiales no listados de similar composicion quimica a la prueba del material.	

Tabla N° 12 Metales base admisibles para calificación de desempeño

Caso similar ocurre con los materiales de aporte (Número F), donde cómo podemos observar si realizamos una prueba con un material de aporte con F: 4, el soldador queda calificado con materiales de aporte con F: 4, 3, 2, 1

Metales de aporte usados en la prueba de calificación	Califica a soldadores para uso de materiales de aporte listados abajo
Numero F: 1 hasta 5	Los numero F usados en la prueba y cualquier numero F menor
Numero F: 6 ^a	Todos los metales de aporte numero F: 6
Numeros F: 2X	Todos los metales de aporte numero F: 2X
Numero F: 3X	Metales de aporte solo para la especificacion numero F: 3X
Numero F: 4X	Numero F: 1 hasta 5 y todo Numero F: 4X
Numero F: 5X	Todos los metales de aporte numero F: 5X
Numero F: 61	Todos los metales de aporte numero F: 61
Numero F: 71	Metales de aporte solo para la especificacion numero F: 71
Numero F: 81	Todos los metales de aporte numero F: 91
Nota:	
a. Los depositos de alambre solido no estan contenidos por la especificacion de AWS, pero conforme a un analisis del numero A en el ANEXO 4, puede ser considerado clasificado como numero F: 6	

Tabla N° 13 Materiales de aporte admisibles para calificación de desempeño

4.5.2 Posiciones límite para calificación de soldadores

En el siguiente cuadro podremos identificar las posiciones calificadas para la soldadura de producción. Por ejemplo un soldador que realizo su

calificación en posición de prueba 4G en una plancha y soldadura en chaflán, estará homologado para realizar trabajos en plano y sobrecabeza en planchas y soldadura en chaflán.

Prueba		Chaflán		Filete	Recubrimiento y recubrimiento duro
Soldadura	Posición (6)	Plancha y tubo	Tubo	Plancha y tubo (3)	Plancha y tubo (5)
		sobre 24 m O.D.	<24 m O.D. (3)		
Plancha en chaflán Chapa en chaflán	1G	F		F	-
	2G	F,H		F,H	-
	3G	F,V		F,H,V	-
	4G	F,O		F,H,O	-
	3G y 4G	F,V,O		Todas	-
	2G, 3G y 4G	Todas		Todas	-
Plancha en filete Chapa en filete	1F	-	-	F	-
	2F	-	-	F,H	-
	3F	-	-	F,H,V	-
	4F	-	-	F,H,O	-
	3F y 4F	-	-	Todas	-
Tubo en chaflán (1)(2)	1G	F	F	F	-
	2G	F,H	F,H	F,H	-
	5G	F,V,O	F,V,O	Todas	-
	6G	Todas	Todas	Todas	-
	2G y 5G	Todas	Todas	Todas	-
Tubo-filete	1F	-	-	F	-
	2F	-	-	F,H	-
	2FR	-	-	F,H	-
	4F	-	-	F,H,O	-
	5F	-	-	Todas	-
Recubrimiento y recubrimiento duro (4) (Tubo o plancha) (5)	1C	-	-	-	F
	2C	-	-	-	F,H
	3C	-	-	-	F,V
	4C	-	-	-	F,O
	3C y 4C	-	-	-	F,V,O
	2C, 3C y 4C	-	-	-	Todas
	5C (solo tubo)	-	-	-	F,V,O
	6C (solo tubo)	-	-	-	Todas

Tabla N° 14 Posiciones límite para calificación de desempeño

Después de identificar el tipo de unión a realizar en la Tabla N° 9, la siguiente figura nos muestra las dimensiones del cupón para calificar al soldador en una unión a tope.

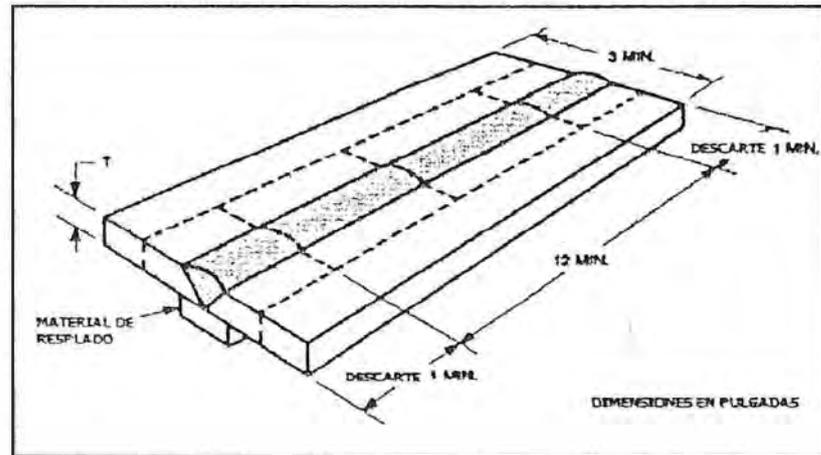


Figura N° 21 Localización de especímenes de doblamiento longitudinal – Plancha

4.6 Criterios de aceptación de inspección visual

A menos que se especifique en otra referencia documentaria los procedimientos de inspección y criterios de aceptación son especificados a continuación:

Inspección visual, la prueba puede ser examinada visualmente por el calificador en cualquier momento y terminada en cualquier etapa sino se demuestra suficiente habilidad para la misma. La prueba soldada debe ser visualmente examinada.

Los criterios de aceptación en general son:

Plancha y tubo soldados

- No debe existir evidencia de fisuras o fusión incompleta
- No debe presentarse penetración incompleta en soldaduras en chaflán, excepto cuando las soldaduras con penetración parcial son especificadas.

- La profundidad de las socavaciones no debe exceder del 10% del espesor del material base ó 1/32 pulgada.
- La sobremonta o refuerzo en la raíz no deberá exceder a 1/8" pulgada.
- Los poros aislados no deberán exceder de 3/32 pulgadas en diámetro.
- Para pruebas de soldadura en filete, la concavidad o convexidad de la cara de la soldadura no excederá de 1/16 pulgada. Los 2 pies del filete no deben diferir en 1/8 pulgada.

Recubrimiento / Recubrimiento duro

La apariencia de la soldadura tendrá que ser aceptada por el calificador, donde el soldador demostrara habilidad para aplicar el WPS.

Uniones de chapas

- No se aceptaran fisuras o fusión incompleta.
- No existirá golpe de arco que resulte en un agujero.
- La soldadura de refuerzo para uniones en chaflán o soldadura en filete convexas no excederán de 1/8 pulgada.

4.7 Número y tipo de ensayos a realizar

La tabla N° 9 nos indica que los ensayos mecánicos necesarios para calificar al soldador es una prueba de doblez, si utilizamos una unión a tope en plancha necesitaremos preparar 2 probetas como se puede ver en la Figura N° 22, si el caso fuera un tubo necesitaríamos preparar 4 probetas para el respectivo doblez, en el caso

de otras aplicaciones los siguientes gráficos muestran el numero de especímenes a preparar.

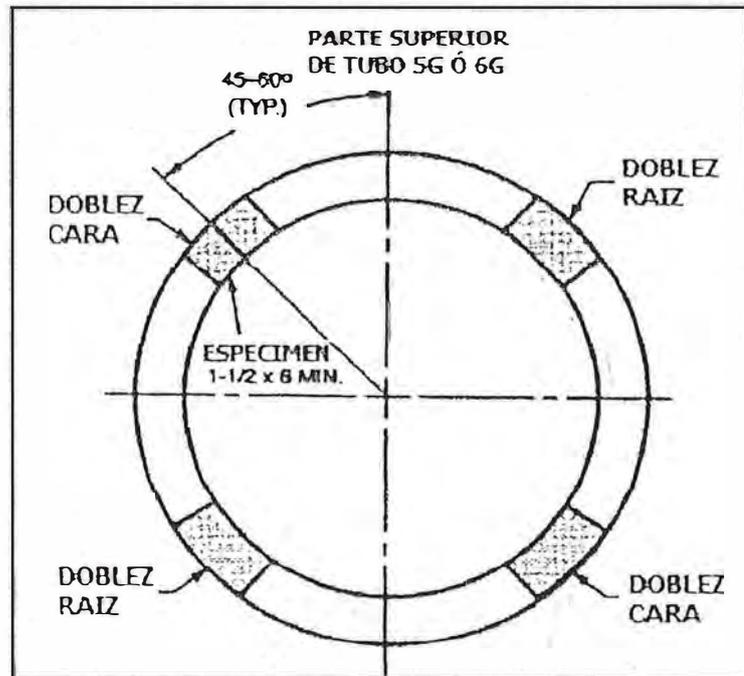


Figura N° 22 Localización de especímenes de doblado 1G, 2G, 5G y 6G

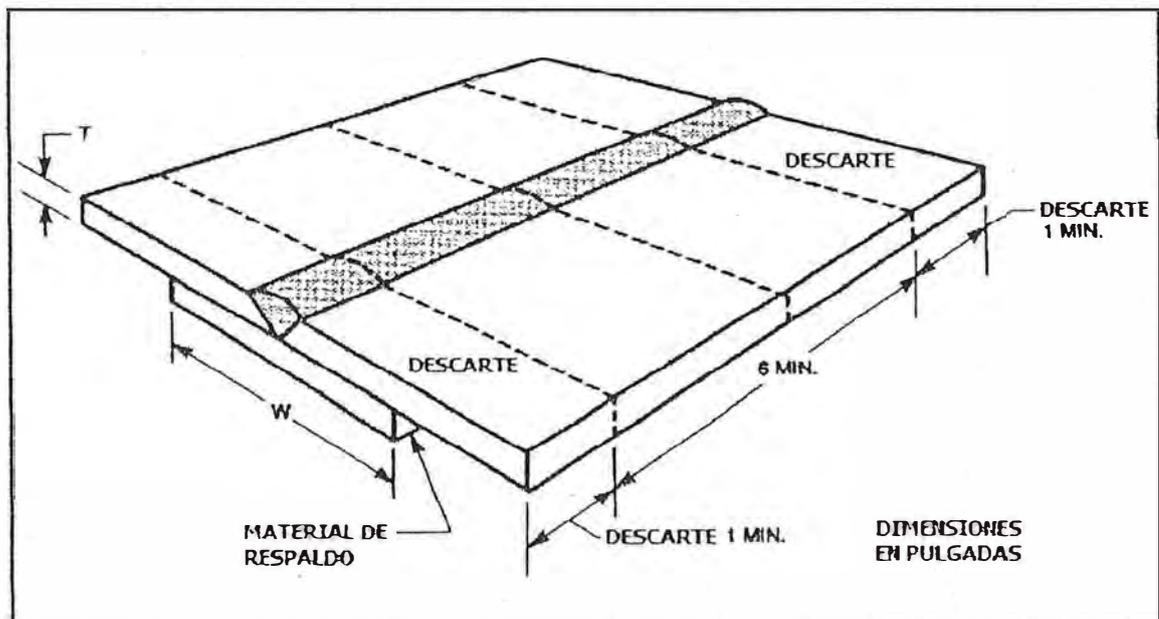


Figura N° 23 Localización de especímenes de doblado transversal – Plancha

Espesor union soldada, in. (t)	Calificación para plancha	
	Espesor del depósito, in. (t) Máximo	Tamaño soldadura de filete, in.
<3/4	2t	Ilimitado
≥3/4	Ilimitado	Ilimitado

Nota: La calificación en plancha también calificará para soldadura en chaflán de tubos mayores de 24 in. de diámetro.

Tabla N° 15 Límites de espesores calificados en plancha de soldadura en chaflán para calificación de desempeño

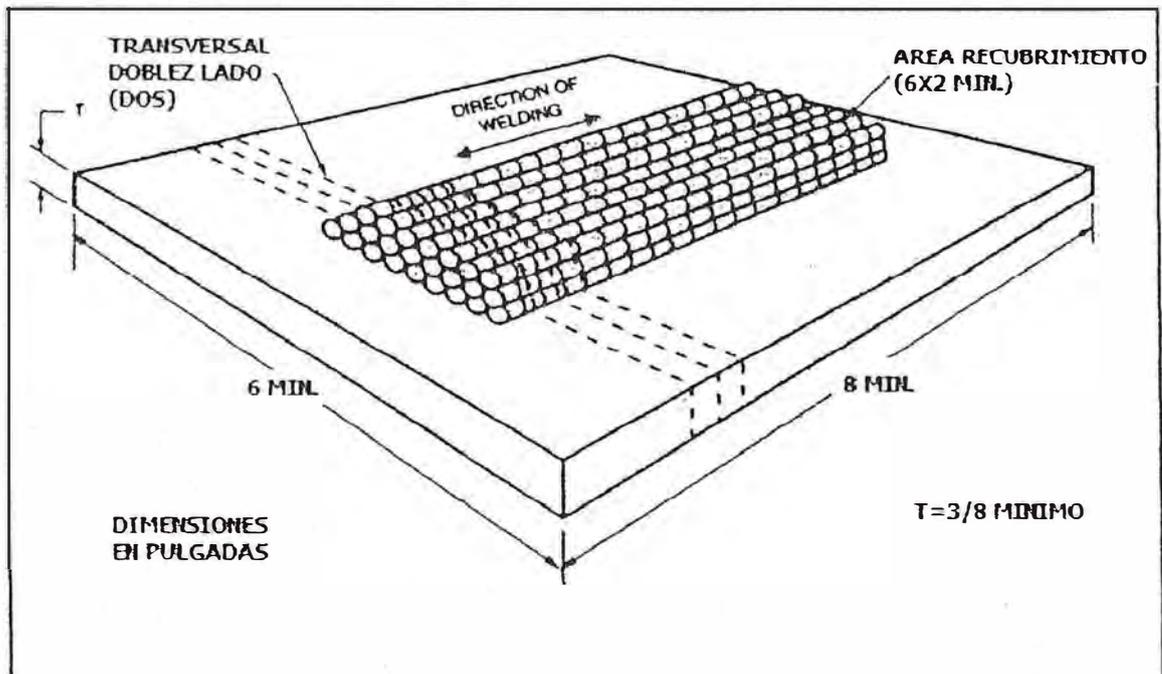


Figura N° 24 Localización de especímenes de recubrimiento – Plancha

4.8 Dimensiones de los especímenes a ensayar

Para el caso de una soldadura a tope en plancha utilizamos la Figura N° 21, esta nos muestra que el espécimen para doblez longitudinal debe tener 6" x 1 1/2" cada una.

4.9 Criterios de aceptación de los ensayos

Los especímenes deben ser preparados de acuerdo al ANEXO 6, para la prueba de dobléz. Debe tenerse en cuenta los criterios detallados en **3.9 criterios de aceptación de los ensayos**, específicamente los referidos al ensayo de dobléz.

4.10 Registro de la calificación

Finalmente los resultados de los ensayos y las variables utilizadas en la calificación del soldador se registran en un documento llamado WPQR. El formato del registro de calificación del soldador se muestra en el ANEXO 11.

CAPITULO 5
CASOS APLICATIVOS

5.1 Calificación de procedimiento de soldadura

En el presente capítulo pasare a describir un caso aplicativo donde podemos utilizar el “AWS B2.1-Specification for Welding Procedure and Performance Qualification”, me apoyare para el desarrollo del mismo en los conceptos básicos mencionados en el capítulo 2 y la metodología del capítulo 3 y 4.

El caso consiste en calificar un procedimiento de soldadura que cumplan con las siguientes características:

Variables	Rangos requeridos
Proceso de soldadura	SMAW
Material Base	Plancha de acero antidesgaste T1 – T1
Tipo de unión	a Tope
Tipo de soldadura	con chaflan
Penetración	Completa
Material de respaldo	Cordón de soldadura
Espesor de material(mm)	10 – 12
Diámetro Exterior (mm)	-
Posición	plana
Progresión Vertical	-
Material de Aporte	Supercito (E7018)
* No es necesario realizar un ensayo CVN	
* La unión soldada soportará carga estática	

Tabla N° 16 Variables de obra - WPS

5.1.1 Trabajo requerido

Con la tabla N° 16 se sabe cuáles son las características técnicas del trabajo.

El material base utilizado para este trabajo, como se puede apreciar en la tabla N° 16 es una plancha de acero antidesgaste comercialmente conocido como T-1. El cual es un acero aleado, templado y revenido, diseñado para obtener alta resistencia a la abrasión e impacto.

Como podemos ver las características químicas y mecánicas de este material son las siguientes:

Grado	Espesor	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	B
JFE-EH-500 (US500)	1/2"	= <0.35	= <0.55	= <1.60	= <0.030	= <0.030	= <0.80	0.005= <0.020	= <0.004

Tabla N° 17 Propiedades Químicas del material base

Grado	Espesor	Prueba dureza Brinell	Límite de fluencia	Límite de tracción	Porcentaje alargamiento
		(5 puntos)	(lbs/pulg ²)	(lbs/pulg ²)	
JFE-EH-500 (US500)	1/2"	477 mín	188,000	210,000	17.70%

Tabla N° 18 Propiedades Mecánicas del material base

Estas propiedades permiten obtener a este acero un altísimo desempeño al ser usado en equipos de movimiento de tierra, tolvas, cucharones de palas mecánicas, placas de desgaste, filo y revestimiento de palas de cargadores frontales, ductos de carga, carros de ferrocarril, tolvas de camiones.

En este trabajo se utilizara este acero para formar parte de las hojas de una compuerta radial y el esfuerzo máximo es de 14, 028 PSI, para considerar como punto de comparación en las pruebas de tracción a realizarse en la calificación de procedimiento de soldadura se considerara un valor de 42, 086 PSI (requerimiento ofrecido por el cliente).

5.1.2 Procedimiento propuesto

Identificación del material base, este punto es muy importante, la identificación del material base con el cual vamos a trabajar y que posteriormente nos servirá para poder elegir el material de aporte adecuado, temperatura de precalentamiento, temperatura de interpase, puntos importantes en el procedimiento a seguir. En la tabla N° 17 y 18 ya mencionamos las propiedades químicas y mecánicas del T-1.

Selección del proceso de soldeo, para tener un buen control del aporte de hidrogeno en el pase de raíz, el material de aporte será depositado con el proceso SMAW (Shielded Metal Arc Welding).

Selección de material de aporte, para este caso se recomienda un electrodo del tipo de bajo hidrogeno como el Supercito, este material de aporte supera ampliamente el requerimiento de 42,086 PSI, llegándome a ofrecer una resistencia a la tracción como mínimo de 70,000 PSI, a continuación mostramos algunas de sus características:

Especificación AWS A5.1

Clasificación AWS E7018 (SUPERCITO).

C	Mn	Si
0.08	1.2	0.5

Tabla N° 19 Análisis químico del material depositado.

Resistencia a la Tracción	Limite Elastico	Elongacion en 2"
510- 610 N/mm ²	>380 N/mm ²	24%
74 000 a 88 000 Lb/Pulg ²	> 55 000 Lb/Pulg ²	

Tabla N° 20 Propiedades mecánicas

Técnica de soldadura, en este punto debemos tener un buen control de la temperatura de precalentamiento e interpase, la temperatura de precalentamiento tiene la principal función de disminuir la velocidad de enfriamiento.

La temperatura de precalentamiento además tendrá una influencia sobre el contenido de hidrogeno en la soldadura.

Para el cálculo de la temperatura de precalentamiento, se utilizara el método de Seferian, aplicable para aceros al carbono y aceros de baja aleación, este método toma en cuenta la composición química y espesor del material base, según lo mencionado anteriormente tenemos:

$$T_p = 350 - \sqrt{C_T - 0.25}$$

$$C_T = C_q + C_e$$

$$C_q = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13}$$

$$C_e = 0.005 \times e \times C_q$$

$$e = 12mm$$

$$\Rightarrow T_p = 220^\circ C$$

Donde:

T_p : Temperatura de precalentamiento

C_T : Carbono equivalente total

Seferian no tiene en cuenta la energía neta aportada en el proceso de soldadura y por esta razón, las temperaturas resultantes son superiores a las realmente necesarias en aproximadamente 25°C a 50°C, para mayores detalles podemos ver el ANEXO 12.

Entonces tendremos:

Temperatura de precalentamiento mínima: 170 °C

Temperatura de interpase máxima: 220 °C

Debiendo tener en cuenta durante todo el trabajo de soldadura este rango de temperaturas, para evitar elevados valores de dureza en la ZAC.

Velocidad de enfriamiento, es importante controlar la velocidad de enfriamiento después de soldco, esto se puede lograr con ayuda de mantas sintéticas o sumergiéndolo en cal.

Este procedimiento propuesto lo validaremos utilizando como norma de referencia “AWS B2.1 - Specification for Welding Procedure and Performance Qualification”.

5.1.3 Variables de calificación de procedimiento

En el ANEXO N° 5 se muestran las variables del procedimiento de calificación para el proceso SMAW.

5.1.4 Dimensiones del cupón de prueba

Antes de mencionar cuales son las dimensiones de la probeta que utilizaremos para calificar el procedimiento veamos cual es metodología a seguir:

Primero en el Tabla N° 6 – Ensayos requeridos para calificación de procedimiento, debemos seleccionar el tipo de aplicación, en nuestro caso Groove Weld (soldadura en chaflán), ahí podremos ver los ensayos que necesitaremos realizar: ensayo de doblez y tracción.

A continuación en la Figura N° 14 - Localización de especímenes de tensión, doblez longitudinal y resistencia a la rotura en plancha y chapa, observamos que vamos a necesitar 4 probetas de doblez longitudinal y 2 para el ensayo de tracción. Los ensayos de resistencia a la rotura no son requeridos para esta aplicación.

La longitud requerida para la calificación de procedimiento será de 27.5 pulgadas como mínimo, según se muestra en la figura N° 26, entonces necesitaremos preparar 2 planchas de 1/2" x 7" x 27.5", biseladas cada una con un ángulo de 30°.

5.1.5 Criterios de aceptación de inspección visual

Los criterios de aceptación son mencionados en 3.6 Criterios de aceptación de inspección visual.

5.1.6 Número y tipo de los especímenes a ensayar

Para el dobléz longitudinal se necesitara 4 probetas, 2 serán utilizadas para dobléz de cara y las otras 2 para dobléz de raíz, cada una de ellas tendrá 1 1/2" X 6" como se muestra en la figura N° 26.

Para el ensayo de tracción utilizaremos 2 probetas, el ancho de la probeta es de 1 1/4", siendo las dimensiones de las probetas 1 1/4" x 10".

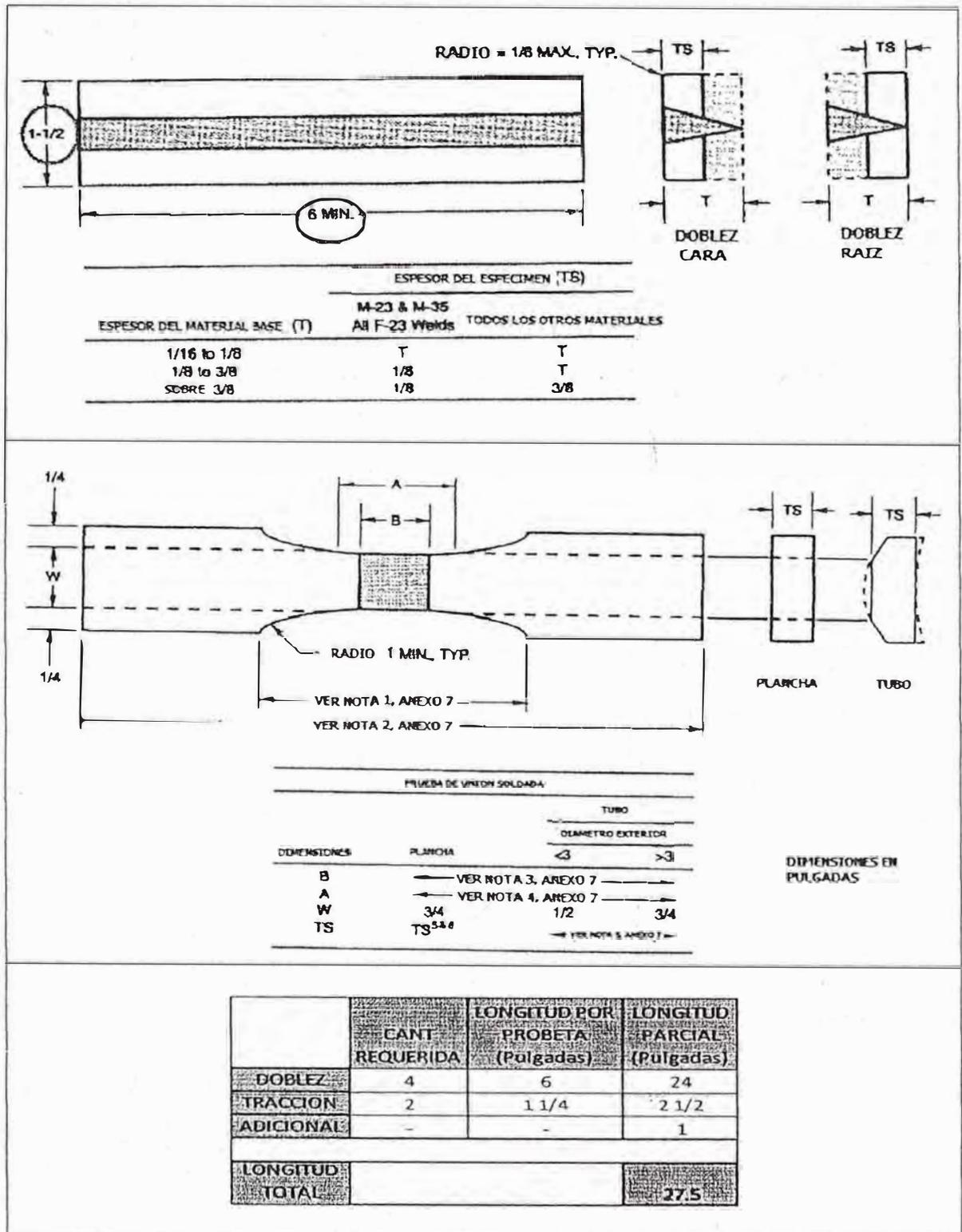


Figura N° 26 – Probeta para doblez longitudinal, probeta de tracción y cantidad de especímenes requeridos

5.1.7 Dimensiones de los especímenes a ensayar

La Figura N°26, muestra las dimensiones de los especímenes a ensayar.

Según el ANEXO 8 para el ensayo de dobléz:

$$TS = \frac{A \times \%Elongacion}{100 - \%Elongacion}$$

% Elongación del material = 17% y TS = 10 mm. Entonces el diámetro de punzón que necesitaremos para el ensayo de dobléz será aproximadamente de A=50 mm.

5.1.8 Criterios de aceptación de los ensayos

Los criterios de aceptación son mencionados en 3.9 Criterios de aceptación de los ensayos, tanto para el dobléz longitudinal como para el ensayo de tracción.

5.1.9 Registros de calificación

A continuación se muestra el registro de calificación del procedimiento (PQR), donde están registrados todos los parámetros involucrados en la calificación del procedimiento propuesto y los resultados de las pruebas mecánicas requeridas.

Con los resultados de las pruebas mecánicas aprobatorias según los criterios de aceptación del AWS B2.1, se puede elaborar la especificación del procedimiento de soldadura (WPS).

CEMPROTECH		REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) De acuerdo a la AWS E2.1 - 2005I		PQR No. PQR01																				
		FECHA	18-11																					
		PROBETA	1P0302																					
		REVISOR																						
REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)																								
Nombre de la compañía: <u>CEMPROTECH</u>		Por: <u>José Pérez</u>																						
Calificación de Procedimiento (PQR) No. <u>PQR01</u>		Fecha Prueba: <u>18-11-2009</u>																						
Proceso(s) de soldadura: <u>SMAW</u>		Tipo: <u>Manual</u>																						
METAL BASE Especificación material _____ Tipo o grado <u>JFE-BH-500 (US500) / JFE-BH-500 (US500)</u> <small>%C 0.35, %Mn 1.6, %Si 0.55, %Cr 0.8 // %C 0.35, %Mn 1.6, %Si 0.55, %Cr 0.8</small> Espesor de probeta <u>12.7 mm - 12.7 mm</u> Diámetro de probeta _____ Otro _____			TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA Temperatura _____ Tiempo _____ Otro <u>Enfriamiento lento (mantas térmicas, cal, etc)</u>																					
METAL DE APORTE Especificación AWS <u>A5.1</u> Clasificación AWS <u>E 7018</u> Metal de aporte F - No. <u>4</u> Análisis de metal depositado A - No. <u>1</u> Tamaño de metal de aporte: <u>3.25 mm</u> Nombre Comercial: <u>SUPERCITO</u> Espesor de metal de soldadura <u>12.7 mm</u>			GAS <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Composición Porcentual</th> </tr> <tr> <th>Gas(es)</th> <th>Mezcla</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Arrastre</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>				Composición Porcentual			Gas(es)	Mezcla	Flujo	Protección	—	—	—	Arrastre	—	—	—	Respaldo	—	—	—
	Composición Porcentual																							
	Gas(es)	Mezcla	Flujo																					
Protección	—	—	—																					
Arrastre	—	—	—																					
Respaldo	—	—	—																					
POSICION Posición de ranura <u>1G</u> Progresión de soldadura (asc. desc) _____ Otro _____			CARACTERISTICAS ELECTRICAS Corriente <u>DC</u> Polaridad <u>DCEP</u> Amperaje(A) <u>VER TABLA</u> Voltaje(V) <u>VER TABLA</u> Tamaño de electrodo de tungsteno: _____ Otro _____																					
PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento Min. <u>170 °C</u> Temperatura entre pases <u>170 °C min - 220 °C máx</u> Otro _____			TECNICA Velocidad de avance (cm/min) <u>7 - 14</u> Pasada ancha o angosta <u>ANGOSTA</u> Oscilación _____ Pase simple o múltiple <u>Simple (acabado)</u> Electrodo simple o múltiple _____ Otro _____																					

Figura N° 27 Registro de Calificación del Procedimiento PQR

CEMPROTECH		REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA De acuerdo a la AWS B2.1 - 2005				FORMA PQR	
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance cm/min
		Clase	Diam (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (A)		
1 (raiz)	SMAW	E 7018	3.25	DCEP	100-110	20-25	7-9
2 (relleno)	SMAW	E 7018	3.25	DCEP	130-140	20-25	11-13
3 (relleno)	SMAW	E 7018	3.25	DCEP	130-145	20-25	11-13
4 (acabado)	SMAW	E 7018	3.25	DCEP	135-145	22-27	7-10
5 (respaldo)	SMAW	E 7018	3.25	DCEP	135-145	22-27	12-14
PRUEBA DE TENSION							
Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Area (mm ²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Tipo de falla y ubicación	
602-T1	19.93	12.30	239.1	148.09	619	CORDON DE SOLDADURA	
602-T2	18.60	12.38	230.3	145.76	633	CORDON DE SOLDADURA	
Pruebas Mecánicas conducidas por:				Ing. Ronald Requejo		Lugar y N° de informe de la Prueba: Soldexa S.A. - Laboratorio de pruebas Físicas - ET-2009-188	
ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADO							
Tipo y figura No.					Resultado		
AGQP-DC-1					Aceptado		
AGQP-DC-2					Aceptado		
AGQP-DR-1					Aceptado		
AGQP-DR-2					Aceptado		
Pruebas Mecánicas conducidas por:				Ing. CWI Juan Guardia Gallegos		Lugar y N° de informe de la Prueba: Soldexa S.A. - Reporte: 179-09	
PRUEBA DE IMPACTO							
Espécimen No.	Ubicación de muesca	Tamaño de espécimen	Temperatura de ensayo	Valores de impacto			Peso de rotura
				Fuerza	% corte	Mils	
-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	
PRUEBA EN SOLDADURA DE FILETE							
Resultado satisfactorio: Si		-	No	-	Penetración en metal origen: Si		- No -
Resultados de macro ataque		---					
OTRAS PRUEBAS							
Tipo de prueba		--					
Análisis de depósito		--					
Nombre soldador		Andy Gustavo Quisquiche Paredes, estampa: AGQP			DNI		41932819
Prueba conducida por:							
Nosotros, los abajo firmantes certificamos que los datos en este registro son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos de la AWS B2.1 - 2005 'Specification for Welding Procedure and Performance Qualification'.							
AUTORIZADO POR: José Perez				INSPECTOR:			

Figura N° 27 Registro de Calificación del Procedimiento PQR - continuación

Codigo N°	Ancho mm	Sección Transversal		CARGAS		TENSIONES		Alargamiento % Lo
		Diámetro/ Espesor mm	Área mm ²	Fluencia N	Máxima N	Fluencia MPa	Máxima MPa	
602-T1 (AO-P19)	19.44	12.30	239.1	106359	145090	445	619	-
602-T2 (AO-P19)	18.60	12.38	230.3	109560	145760	476	633	-

OBSERVACIONES :
Ambas rompieron en el cordón de soldadura.

Norma de Ensayo : ASTM A 570 -09
Norma Referencia : AWS B2.1
Equipo usado : TINUS OLSEN SUPER L 120
Codigo Interno : CC-E-041
Temperatura de Ensayo : 27.4 °C
Nombre Operario : J.Soto
Fecha de Recepción de Muestra : 2009-11-24
Las muestras han sido suministrado por el solicitante

Ing. Responsable
Ronald Paquetto V
CIP : 101024

La incertidumbre expandida es 3MPa para un nivel de confianza al 95% y un factor de cobertura K=2.
La incertidumbre expandida para la elongación es 1.0% para un nivel de confianza al 95% y un factor de cobertura 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 validos para la muestra analizada.

Antig Panamericana Sur Km 39.5 Lima - Teléfono : 619 9500 Anexo 2233
Perú

Figura N° 28 – Informe de Tracción PQR

SOLDEXA		REGISTRO DE ENSAYO DE DOBLADO y NICK BREAK (Registration test Bend and Nick Break)				CT-F-08	
						Edición 01	
N° INFORME (Report):		179-09					
CLIENTE (Customer):		CEMPROTECH					
LUGAR DE PRUEBA (Laboratory):		CENTRO TECNOLOGICO SOLDEXA S.A.					
REALIZADO POR (Conducted by):		Ing. Juan Guardia Gallegos					
FECHA DE ENSAYO (Date of test):		2009	11	23	N° de Registro de Calificación:		602-09
N° MUESTRAS (N° Specimens):		DC - Cara (face):	X	DL - Lado (Side):			
		DR - Raiz (root):	X	NB - Nick Break:			
DIMENSIONES DE LAS PROBETAS (Sizes)					RESULTADOS DE LA PRUEBA (Results)		
N°	N° ESTAMPA (Specimen)	TIPO (Type)	ANCHO (Width)	ESPESOR (Thickness)	LONGITUD (Length)	RESULTADO (Result)	DISCONTINUIDAD (Discontinuities)
1	AGQP-DC-1	CARA	38	10	170	C	-
2	AGQP-DC-2	CARA	38	10	170	C	-
3	AGQP-DR-1	RAIZ	38	10	170	C	-
4	AGQP-DR-2	RAIZ	38	10	170	C	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
* Medidas en milímetros (Sizes in millimeters)		* Conforme (Pass) = C		* No Conforme (No Pass) = NC			
OBSERVACIONES (Remarks):							
1. Norma Aplicada en el ensayo (Test in conformance with the requirements of):		AWS B2.1					
2. Material Base (Base Metal):		T-1 / T-1					
3. La(s) muestra(s) ensayada(s) fue(ron) entregada(s) por (the specimens were given by):		CEMPROTECH					
4. De acuerdo al cliente, estas muestras pertenecen a los ensayos de dobles requeridos para la calificación de procedimiento y/o soldador (According to the customer these specimens belong to bend tests required for procedure qualification and welder)							
*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de SOLDEXA S.A.							
*Prohibited the total or partial reproduction of this report without the authorization of SOLDEXA S.A.							

Figura N° 29 Informe de Doble PQR

CEMPROTECH	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) <i>(De acuerdo a la AWS B2.1 - 2005)</i>			HOJA:	1 de 2			
				EMISION:	19/06/05			
				REVISION:	1			
ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)								
Nombre de la compañía:	CemproTech S.A.C		Por:	José Perez				
Especificación de Procedimiento No.	WPS01		Fecha:	26-11-2009	POR de soporte:	PQR01		
Proceso(s) de soldadura:	SMAW		Tipo:	Manual				
JUNTA			<p style="text-align: center;">Detalles 60°</p> <p style="text-align: center;">T1 T1</p> <p style="text-align: center;">2 - 3 mm 2 - 3 mm</p>					
Diseño de junta:	A lope biselada en "V"							
Respaldo: (Si)	X	(No)				—		
Material de respaldo: (Tipo):	Cordón de soldadura							
<input type="checkbox"/> Metal	<input type="checkbox"/> Refractario							
<input type="checkbox"/> No metálico	<input type="checkbox"/> Otro							
Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes ha ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.								
METAL BASE								
M N°:	—	Grupo N°:	—	a	M N°:	—		
O								
Especificación de tipo y grado:	JFE-BH-500 (US500)							
A la especificación de tipo y grado:	JFE-BH-500 (US500)							
O								
Análisis químico y propiedades mecánicas:	%C 0.35, %Mn 1.6, %Si 0.55, %Cr 0.8, Traccion: 210 KPSI, Fluencia:188KSI							
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas:	%C 0.35, %Mn 1.6, %Si 0.55, %Cr 0.8, Traccion: 210 KPSI, Fluencia:188KSI							
Rango de espesores								
Metal base:	Ranura:	10 mm - 25.4 mm		Filete:	Ilimitado			
Diam. Ext. Tubo	Ranura:	—		Ver:	—			
Otro: —								
METAL DE APORTE								
Especificación N° (AWS)	A5.1		/					
AWS No (Clase)	E 7018							
N° F	4							
N° A	1							
Diámetro de metal de aporte:	3.2 mm							
Metal depositado								
Rango de espesores								
Ranura	Hasta 25.4 mm							
Filete	Ilimitado							
Fundente (clase)	-							
Nombre comercial	SUPERCITO							
Inserto consumible	-							

Figura N° 30 Especificación del Procedimiento de Soldadura WPS

CEMPROTECH		ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)				HOJA		1 de 2																																																																																						
						EMISIÓN		19-03-05																																																																																						
						REVISIÓN		1																																																																																						
De acuerdo a la AWS B2.1 - 2005H																																																																																														
POSICIONES					TRATAMIENTO DE POST-CALENTAMIENTO																																																																																									
Posición(es) de ranura		<i>Plana</i>			Rango de temperatura:		—																																																																																							
Progresión: Asc:	—	Desc:	—		Tiempo:		—																																																																																							
Posición de filete		—			GAS																																																																																									
PRECALENTAMIENTO					Composición Porcentual																																																																																									
Temp. Pre calentamiento	Min:	<i>170 °C</i>			GTAW	Gas(es)	Mezcla	Flujo																																																																																						
Temp. Interpase		<i>170 °C mín. - 220° C máx.</i>			Protección	—	—	—																																																																																						
Mantenimiento pre calentamiento:		—			Arrastre	—	—	—																																																																																						
					Respaldo	—	—	—																																																																																						
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS																																																																																														
Corriente AC o DC		<i>DC</i>			Polaridad		<i>DCEP</i>																																																																																							
Rango de amperaje		<i>VER TABLA</i>			Rango de voltaje		<i>VER TABLA</i>																																																																																							
Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno				—																																																																																										
Modo de transferencia en GMAW				—																																																																																										
(Arco spray, corto circuito, etc)																																																																																														
Velocidad de alimentación de alambre				—																																																																																										
TÉCNICA																																																																																														
Pase ancho o angosto		<i>Angosta</i>																																																																																												
Crificio o tamaño de protección gaseosa				—																																																																																										
Limpieza inicial y entrepasadas (escobillado, esmerilado, etc)				<i>Escobillado y/o esmerilado</i>																																																																																										
Método de resane de raíz		<i>Disco abrasivo</i>																																																																																												
Oscilación		<i>La requerida</i>																																																																																												
Distancia de boquilla a pieza de trabajo				—																																																																																										
Último pase, múltiple o simple		<i>Simple (acabado)</i>																																																																																												
Electrodo simple o múltiple		—																																																																																												
Velocidad de avance (rango)		<i>7 cm/min - 14 cm/min</i>																																																																																												
Martilleo		—																																																																																												
Otro		<i>Evitar corrientes de aire, recomendable enfriamiento lento</i>																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pase N°</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th colspan="2">Metal de aporte</th> <th colspan="2">Corriente</th> <th rowspan="2">Voltaje</th> <th rowspan="2">Velocidad de avance (cm/min)</th> <th rowspan="2">Otros</th> </tr> <tr> <th>Clase</th> <th>Diam</th> <th>Polaridad</th> <th>Amperaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Raiz</i></td> <td><i>SMAW</i></td> <td><i>E 7018</i></td> <td><i>3.25</i></td> <td><i>DCEP</i></td> <td><i>100-110</i></td> <td><i>20-25</i></td> <td><i>7-9</i></td> <td><i>—</i></td> </tr> <tr> <td><i>Relleno</i></td> <td><i>SMAW</i></td> <td><i>E 7018</i></td> <td><i>3.25</i></td> <td><i>DCEP</i></td> <td><i>130-145</i></td> <td><i>20-25</i></td> <td><i>11-13</i></td> <td><i>—</i></td> </tr> <tr> <td><i>Acabado</i></td> <td><i>SMAW</i></td> <td><i>E 7018</i></td> <td><i>3.25</i></td> <td><i>DCEP</i></td> <td><i>135-145</i></td> <td><i>22-27</i></td> <td><i>7-10</i></td> <td><i>—</i></td> </tr> <tr> <td><i>Respaldo</i></td> <td><i>SMAW</i></td> <td><i>E 7018</i></td> <td><i>3.25</i></td> <td><i>DCEP</i></td> <td><i>135-145</i></td> <td><i>22-27</i></td> <td><i>12-14</i></td> <td><i>—</i></td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Pase N°	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de avance (cm/min)	Otros	Clase	Diam	Polaridad	Amperaje	<i>Raiz</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>100-110</i>	<i>20-25</i>	<i>7-9</i>	<i>—</i>	<i>Relleno</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>130-145</i>	<i>20-25</i>	<i>11-13</i>	<i>—</i>	<i>Acabado</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>135-145</i>	<i>22-27</i>	<i>7-10</i>	<i>—</i>	<i>Respaldo</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>135-145</i>	<i>22-27</i>	<i>12-14</i>	<i>—</i>	—									—									—									—								
Pase N°	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de avance (cm/min)	Otros																																																																																						
		Clase	Diam	Polaridad	Amperaje																																																																																									
<i>Raiz</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>100-110</i>	<i>20-25</i>	<i>7-9</i>	<i>—</i>																																																																																						
<i>Relleno</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>130-145</i>	<i>20-25</i>	<i>11-13</i>	<i>—</i>																																																																																						
<i>Acabado</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>135-145</i>	<i>22-27</i>	<i>7-10</i>	<i>—</i>																																																																																						
<i>Respaldo</i>	<i>SMAW</i>	<i>E 7018</i>	<i>3.25</i>	<i>DCEP</i>	<i>135-145</i>	<i>22-27</i>	<i>12-14</i>	<i>—</i>																																																																																						
—																																																																																														
—																																																																																														
—																																																																																														
—																																																																																														

Figura N° 30 Especificación del Procedimiento de Soldadura WPS - continuación

Tipo de ensayo	Tubo o plancha		Carga		Superficie	
	Chispa	Filte	Chispa	Filte	Resque	Resque
Inspeccion Visual	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Radiografía	Si ^a (en lugar de dobléz)		Si ^a (en lugar de dobléz)			
Ensayo dobléz	Si ^a		Si ^a		Si	
Ensayo dobléz-rotura		Si ^b		Si		
Inspeccion macrografica		Si ^b				Si

Figura N° 31 – Ensayos requeridos y probeta para calificar al soldador

5.2.5 Criterios de aceptación de inspección visual

Los criterios de aceptación de inspección visual para calificar al soldador son los mencionados en 4.6 Criterios de aceptación de inspección visual.

5.2.6 Número y tipo de los especímenes a ensayar

Para nuestro caso, soldadura a tope en plancha solo necesitamos 2 probetas para dobléz longitudinal.

5.2.7 Dimensiones de los especímenes a ensayar

Las dimensiones del cupón de prueba serán los mostrados en la figura N° 31, donde se realizara 2 ensayos de dobléz o radiografía. Cada probeta de dobléz tendrá las dimensiones de 1 ½" x 6".

5.2.8 Criterios de aceptación de los ensayos

Los criterios de aceptación serán los mismos que se utilizaron para calificar el procedimiento.

5.2.9 Registro de calificación del soldador

A continuación se muestra el respectivo registro de calificación del soldador, tomando como referencia al procedimiento previamente calificado.

CEMPROTECH S.A.C.	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR AWS B2.1: 2005	WPQR	
		PROB	1 de 1
		EMISION:	13/03/04
		REVISION:	1

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)					
Nombre: Andy Gustavo Quisquiche Paredes		Identificación: 41932819		No. Estampa: AGQP	
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):		WPS01	Rev	1	Fecha
					18-11-2009
Variables		Valor Usado en la Calificación		Rango Calificado	
Proceso / Tipo		SMAW		SMAW	
Electrodo (simple o múltiple)		-		-	
Corriente / Polaridad		CC EP		-	
Posición		1G		Ranura: Plana Filete: Plana	
Progresión de soldadura		-		-	
Respaldo o Backing		-		-	
Material / Especificación		JFE-BH-500 (US500) # JFE-BH-500 (US500)		JFE-BH-500 (US500) # JFE-BH-500 (US500)	
Metal Base					
Espesor (plancha)		12.7 mm / 12.7 mm		3 mm hasta 25.4 mm	
A lope					
Filete				Ilimitado	
Espesor (tubería)		-		-	
A lope		-		-	
Filete		-		-	
Diámetro (tubería)		-		-	
A lope		-		-	
Filete		-		-	
Metal de Aporte					
N° Especificación		A5.4		-	
Clase		E 7018		-	
F-N°		4		Del 4 al 1	
Tipo gas/fundente		-		-	
Otros		-		-	
INSPECCIÓN VISUAL (4.8.1)					
Aceptable: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					
Resultados de Prueba de Doblez Guiado					
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado		
AGQP-DC-1	Conforme	AGQP-DR-1	Conforme		
AGQP-DC-2	Conforme	AGQP-DR-2	Conforme		
Resultados de Pruebas de Filete					
Apariencia:	---	Dimensión filete:	---		
Prueba fractura penetración raíz	---	Macro ataque:	---		
Inspeccionado por:	CWI Juan Guardia Gallegos	Prueba de Doblez N°:	179-09		
Organización:	SOLDEXA	Fecha:	01-12-2009		
Resultados de Prueba Radiográfica					
Identificación Placa	Resultado	Observaciones	Identificación Placa	Resultado	Observaciones
---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---
Interpretado por:	---	Prueba N°:	---		
Organización:	---	Fecha:	---		
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la 'AWS B2.1: 2005 Specification for Welding Procedures and Performance Qualification'					
Organización: CEMPROTECH S.A.C.			Elaborado Por: José Perez		
Calificación Conducida por: CWI Juan Guardia Gallegos			Compañía: Fecha: 26-11-2009		

Figura N° 32 Registro de Calificación del Soldador

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Para tener buenos resultados en soldadura es importante tener establecido procedimientos calificados que garanticen el trabajo en producción y que puedan servir para la posterior calificación del soldador.
2. La selección del personal calificado para los trabajos de soldadura es punto importante para el éxito de la mayoría de los proyectos.
3. La temperatura de precalentamiento es un parámetro importante, que debe controlarse antes de empezar los trabajos de soldadura para este tipo de aceros, así también controlar durante la soldadura la temperatura de interfase máxima.
4. El mejor trabajo o proyecto de soldadura no es el que acaba más rápido, sino es aquel que se realiza una sola vez y esto lo podemos lograr empezando el proyecto con la calificación de los procedimientos y posteriormente de los soldadores.

Recomendaciones

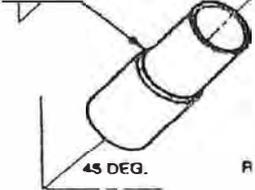
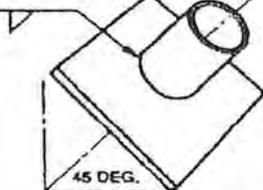
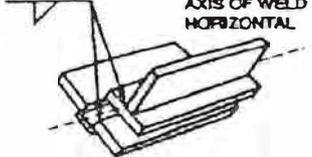
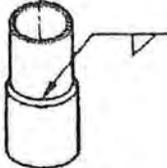
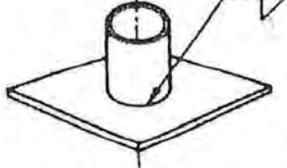
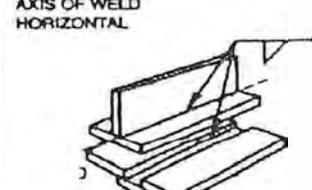
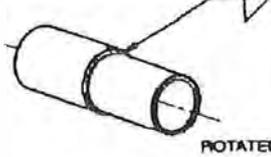
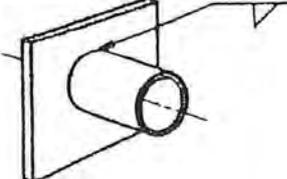
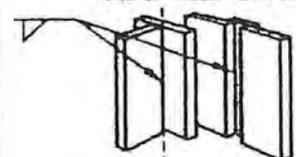
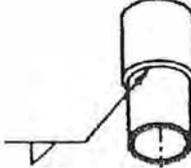
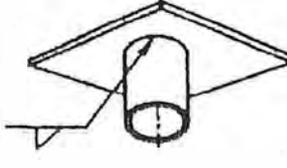
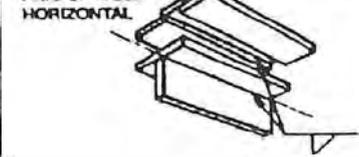
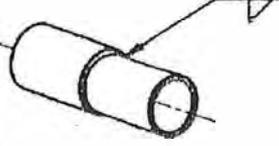
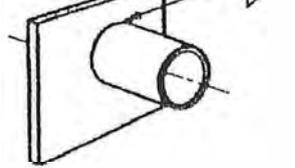
1. Debido a la magnitud de los proyectos realizados y que se encuentran por realizar en nuestro país, es importante fomentar que los ingenieros, supervisores, inspectores manejen adecuadamente las normas, códigos y especificaciones de acuerdo a la necesidad del proyecto para que de esta manera los trabajos en nuestro país tengan un mejor nivel.
2. Concientizar a tener procedimientos y personal calificado no solo para cumplir, sino por garantía de una buena práctica de soldadura.

BIBLIOGRAFIA

1. AWS B2.1:2005 – SPECIFICATION FOR WELDING PROCEDURE AND PERFORMANCE QUALIFICATION, American Welding Society, 1de Enero de 2005.
2. AWS D1.1 / D1.1 M:2008 – STRUCTURAL WELDING CODE-STEEL, American Welding Society, Duodécimo Primera Edición.
3. CD-INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS, Asociación Española de Soldadura y Tecnología de Unión, Versión 1.2
4. INTRODUCCION A LA METALURGIA DE LA SOLDADURA, Carlos Fosca, Séptima Edición.
5. MANUAL DE SOLDADURA DE EXSA, Exsa S.A., Edición 2004
6. MANUAL DEL SOLDADOR, Germán Hernández Riesco, Decimo Octava Edición
7. METODOS PARA CALCULAR EL PRECALENTAMIENTO DE UNIONES SOLDADAS, Quesada Héctor Juan – Salazar Mónica, Primera Edición
8. QUALIFICATION STANDARD OF WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS-SECTION IX – ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Edición del 1 Julio de 2007
9. TRADUCCION DE UNA NORMA NACIONAL AMERICANA – ANSI/AWS A2.4-93 – SIMBOLOS NORMALIZADOS PARA SOLDEO, SOLDEO FUERTE Y EXAMEN NO DESTRUCTIVO, American Welding Society, Edición 19 de junio de 1991

ANEXO 1

Posiciones de Prueba – Soldadura Filete

POSICION	TUBO		PLANCHA
1F ROTADO			
2F			
2FR ROTADO			
3F			
4F			
5F			

ANEXO 2

Lista de metales base – Aleaciones Ferrosas

Se muestra las 2 primeras listas de los metales bases mencionados en AWS B2.1

Base Metal Specification	Standard Developer	Type or Grade	Material Number	Group Number
Steel Alloys				
A 31	ASTM	Grade A	1	1
A 31	ASTM	Grade B	1	1
A 36	ASTM	—	1	1
A 53	ASTM	Type E, Grade A	1	1
A 53	ASTM	Type E, Grade B	1	1
A 53	ASTM	Type F	1	1
A 53	ASTM	Type S, Grade A	1	1
A 53	ASTM	Type S, Grade B	1	1
A 105	ASTM	—	1	2
A 106	ASTM	Grade A	1	1
A 106	ASTM	Grade B	1	1
A 106	ASTM	Grade C	1	2
A 108	ASTM	Grade 1015 CW	1	1
A 108	ASTM	Grade 1018 CW	1	1
A 108	ASTM	Grade 1020 CW	1	1
A 131	ASTM	Grade A	1	1
A 131	ASTM	Grade B	1	1
A 131	ASTM	Grade CS	1	1
A 131	ASTM	Grade D	1	1
A 131	ASTM	Grade DS	1	1
A 131	ASTM	Grade E	1	1
A 131	ASTM	Grade AH32	1	2
A 131	ASTM	Grade AH36	1	2
A 131	ASTM	Grade DH32	1	2
A 131	ASTM	Grade DH36	1	2
A 131	ASTM	Grade EH32	1	2
A 131	ASTM	Grade EH36	1	2
A 134	ASTM	A36	1	1
A 134	ASTM	A283A	1	1
A 134	ASTM	A283B	1	1
A 134	ASTM	A283C	1	1
A 134	ASTM	A283D	1	1
A 134	ASTM	A285A	1	1
A 134	ASTM	A285B	1	1
A 134	ASTM	A285C	1	1
A 135	ASTM	Grade A	1	1
A 135	ASTM	Grade B	1	1
A 139	ASTM	Grade A	1	1
A 139	ASTM	Grade B	1	1
A 139	ASTM	Grade C	1	1
A 139	ASTM	Grade D	1	1
A 139	ASTM	Grade E	1	1
A 139	ASTM	Grade E	1	2
A 148	ASTM	Grade 90-60	4	3

ANEXO 2

Lista de metales base – Aleaciones Ferrosas (continuación)

Se muestra las 2 primeras listas de los metales bases mencionados en AWS B2.1

Base Metal Specification	Standard Developer	Type or Grade	Material Number	Group Number
Steel Alloys				
A 101	ASTM	Grade T1	3	1
A 161	ASTM	Low Carbon	1	1
A 167	ASTM	Type 308	8	2
A 167	ASTM	Type 309	8	2
A 167	ASTM	Type 309S	8	2
A 167	ASTM	Type 310	8	2
A 167	ASTM	Type 310S	8	2
A 178	ASTM	Grade A	1	1
A 178	ASTM	Grade C	1	1
A 178	ASTM	Grade D	1	2
A 179	ASTM	—	1	1
A 181	ASTM	Class 60	1	1
A 181	ASTM	Class 70	1	2
A 182	ASTM	Grade F1	3	2
A 182	ASTM	Grade F2	3	2
A 182	ASTM	Grade F11, Class 3	4	1
A 182	ASTM	Grade F11, Class 2	4	1
A 182	ASTM	Grade F11, Class 1	4	1
A 182	ASTM	Grade F12, Class 2	4	1
A 182	ASTM	Grade F12, Class 1	4	1
A 182	ASTM	Grade F22, Class 3	5A	1
A 182	ASTM	Grade F21	5A	1
A 182	ASTM	Grade F22, Class 1	5A	1
A 182	ASTM	Grade F5a	5B	1
A 182	ASTM	Grade F9	5B	1
A 182	ASTM	Grade F5	5B	1
A 182	ASTM	Grade F91	5B	2
A 182	ASTM	Grade F3V	5C	1
A 182	ASTM	Grade F6a, Class 1	6	1
A 182	ASTM	F429	6	2
A 182	ASTM	Grade F6a, Class 3	6	3
A 182	ASTM	Grade F6b	6	3
A 182	ASTM	Grade F7a, Class 2	6	3
A 182	ASTM	Grade F6a, Class 4	6	3
A 182	ASTM	Grade F6NM	6	4
A 182	ASTM	F430	7	2
A 182	ASTM	F10	8	2
A 182	ASTM	F310	8	2
A 182	ASTM	F310	8	2
A 182	ASTM	F45	8	2
A 182	ASTM	Grade 'FR	9A	1
A 182	ASTM	F304	8	1
A 182	ASTM	F304H	8	1
A 182	ASTM	F304H	8	1
A 182	ASTM	F304L	8	1

ANEXO 3

Grupo de materiales de aporte para calificación

F.No.	AWS Specification	AWS Classification
Steel		
1	A5.1	E0X20, E0X22, E0C24, E0X27, E0X28
1	A5.4	E00X(X)-25, E00X(X)-26
1	A5.5	E0X20-XX, E0X27-XX
2	A5.1	E0X12, E0X13, E0X14, E0X19
2	A5.5	E(X)XX13-XX
3	A5.1	E0X10, E0X11
3	A5.5	E(X)XX10-XX, E(X)XX11-XX
4	A5.1	E0X15, E0X16, E0X18, E0X18M, E0X48
4	A5.4 other than austenitic and duplex	E00X(X)-15, E0XX(X)-16, E0XX(X)-17
4	A5.5	E(X)XX15-XX, E(X)XX16-XX, E(X)XX18-XX, E(X)XX18M(1)
5	A5.4 austenitic and duplex	E0XX(X)-15, E0XX(X)-16, E0XX(X)-17
6	A5.2	RX
6	A5.9	ERXX(X)(XXX), E00X(X)(XXX), E0XX(X)(00X)
6	A5.17	FXXX-E0X, F00X-ECX
6	A5.18	ER0XS-X, E0XC-X, E0XC-XX
6	A5.20	E0XT-X, E0XT-XM
6	A5.22	E00TX-X, R00XT1-5
6	A5.23	FXXX-E00X-X, F00X-EC00X-X
6	A5.23	FXXX-E00X-XN, F00X-EC00X-XN
6	A5.25	FESXX-E00X, FES0X-EWXX
6	A5.26	E0XXS-X, E0XT-X
6	A5.28	ER00S-00X, E00C-00X
6	A5.29	E00TX-X
6	A5.30	IN00X
Aluminum and Aluminum Alloys		
21	A5.3	E1100, E3000
21	A5.10	ER1100, R1100, ER1188, R1188
22	A5.10	ER5183, R5183, ER5356, R5356, ER5554, R5554, ER5556, R5556, ER5654, R5654
23	A5.3	E4043
23	A5.10	ER4010, R4010, ER4043, R4043, ER4047, R4047, ER4145, R4145, ER4643, R4643
24	A5.10	ER4009, R4009, R2060, R-C355.0, R-A356.0, R357.0, R-A357.0, R4011
25	A5.10	ER2319, R2319
Copper and Copper Alloys		
31	A5.6 and A5.7	RCu, ECu
32	A5.6	ECuSi and ERCuSi-A
33	A5.6 and A5.7	ECuSn-A, ECuSn-C, ERCuSn-A
34	A5.6, A5.7, and A5.30	ECuNi, ERCuNi, IN67
35	A5.8	RBCuZn-A, RBCuZn-B, RCuZn-C, RBCuZn-D
36	A5.6 and A5.7	ERCuAl-A1, ERCuAl-A2, ERCuAl-A3, ECuAl-A2, ECuAl-B

ANEXO 3

Grupo de materiales de aporte para calificación (continuación)

F-No.	AWS Specification	AWS Classification
37	A5.6 and A5.7	ROaNiAl, ECuMnNiAl, ERCuNiAl, ERCuMnNiAl
Nickel and Nickel Alloys		
41	A5.11, A5.14, and A5.30	ENi-1, ERNi-1, IN61
42	A5.11, A5.14, and A5.30	ENiCu-7, ERNiCu-7, IN60
43	A5.11, A5.14, and A5.30	ENiCrFe-1, 2, 3, and 4, ENiCrMo-2, 3, 6, and 12, ENiCrCoMo-1, ENiCrCoMo-1, ERNiCrMo-1, 2, and 3, ERNiCr-3, ERNiCrFe-5 & 6, IN82, IN62, IN6A
44	A5.11 and A5.14	ENiMo-1, 3, and 7, ERNiMo-1, 2, 3, and 7 (B2), ENiCrMo-4, 5, 7, and 10, ERNiCrMo-4, 7 (alloy C4), and 10
45	A5.11	ENiCrMo-1, 9, and 11
45	A5.14	ERNiCrMo-8, 9, and 11, ERNiFeCr-1
Titanium and Titanium Alloys		
51	A5.16	ERTi-1, ERTi-2, ERTi-3, ERTi-4
52	A5.16	ERTi-7
53	A5.16	ERTi-9, ERTi-9ELI
54	A5.16	ERTi-12
55	A5.16	ERTi-5, ERTi-5ELI, ERTi-6, ERTi-6ELI, ERTi-15
Zirconium and Zirconium Alloys		
61	A5.24	ERZr2, ERZr3, ERZr4
Hardfacing Weld Metal Overlay		
71	A5.13 and A5.21	RXXX-X, EXXX-X
Magnesium Alloys		
91	A5.19	ER AZ61A, ER AZ92A, ER EZ33A, ER AZ101A, R AZ61A, R AZ92A, R AZ101A, R EZ33A

ANEXO 4

Clasificación de soldadura para calificación de procedimiento

A-No.	Type of Weld Metal	Chemical Composition, weight percent					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Low-carbon	0.15	—	—	—	1.60	1.00
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.50	0.40-0.65	1.60	1.00	1.00
3	Chromium	0.15	0.40-2.0	0.40-0.65	—	1.00	1.00
4	Chromium	0.15	2.00-6.0	0.40-1.50	—	1.60	2.00
5	Chromium	0.15	6.00-10.5	0.40-1.50	—	1.20	2.00
6	Chromium, martensitic	0.15	11.00-15.0	0.70	—	2.00	1.00
7	Chromium, ferritic	0.15	11.00-30.0	1.00	—	1.00	3.00
8	Chromium-Nickel	0.15	14.50-30.0	4.00	7.50-15.0	2.50	1.00
9	Chromium-Nickel	0.35	19.0-30.0	6.00	15.0-37.5	2.50	1.00
10	Nickel	0.15	—	0.55	0.80-4.0	1.70	1.00
11	Manganese-Molybdenum	0.17	—	0.25-0.75	0.85	1.25-2.25	1.00
12	Nickel-Chromium-Molybdenum	0.15	1.50	0.25-0.80	1.25-2.80	0.75-2.25	1.00

ANEXO 5

Variables de calificación de procedimiento (Continuación)

	O F W	S M A W	G T A W	S A W	G M A W	F C A W	P A W	E S W	E G W	E B W	L B W	S W
2.14.2 Base Metal (Cast'd)												
6) A change from an uncoated metal to a coated (such as painted or galvanized) metal unless the coating is removed from the weld area prior to welding, but not vice versa.	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2.14.3 Filler Metals												
1) A change from one F-Number to any other F-Number or to any filler metal not listed in Appendix B	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2) For ferrous materials, a change from one A-Number to any other A-Number or to a filler metal analysis not listed in Annex B (the POR and WPS shall state the nominal chemical composition or manufacturer's designation for filler metals which do not fall into an A-Number group). Qualifications with A-1 shall qualify for A-2 and vice versa.	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
3) For surfacing, a change in the chemical composition of the weld metal (A-Number or alloy type). Each layer shall be considered independent of other layers.	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH				
4) A change in AWS filler metal classification	Q	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	Q
5) A change in filler metal tensile strength exceeding 10 000 psi, or a change in filler metal classified to a strength lower than the specified minimum ultimate tensile strength of the base metal.	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
6) If the weld metal alloy content is largely dependent upon the composition of the flux, any change in the welding procedure which would result in the important weld metal alloying elements being outside the specified chemical composition range of the WPS.				Q				Q				
7) A change in the cross-sectional area of filler metal added (excluding buttering) of $\pm 10\%$.										Q	Q	
8) The addition or deletion of filler material			Q				Q			Q	Q	
9) A decrease in thickness or a change in the nominal chemical composition of surfacing or buttering beyond that qualified.	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		CH	CH	
10) A change of filler metal electrode nominal size/shape in the first layer.		CH		CH	CH	CH						
11) Addition or deletion of supplementary filler metal (powder or wire), or a change of 10% in the amount	Q	T	T	Q	Q	T	Q	T	T	T	T	Q
12) A change from single to multiple supplementary filler metal or vice versa.	CH		CH	CH	CH	CH	CH					
13) A change from consumable guide to nonconsumable guide, and vice versa.								Q				

ANEXO 5

Variables de calificación de procedimiento (Continuación)

	O F W	S M A W	G T A W	S Y W	G M A W	F C A W	P A W	E S E	E C E	E B E	L B E	S E
2.14.8 Electrical Characteristics (Cont'd)												
a) Heat Input (Min.) = $\frac{Voltage \times Amperage}{Travel Speed}$ (in/in)	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
b) Weld Metal Volume—An increase in bead size, or a decrease in the length of weld bead per unit length of electrode.												
2) A change exceeding ±2% in the voltage from that qualified										Q		
3) A change exceeding ±5% in the beam or beam focus current from that qualified										Q		
4) A change in the beam pulsing frequency or duration from that qualified										Q		
5) A change in filament type, size, or shape										Q		
6) A change in the type of power source, or a change in the arc timing exceeding 1/10 second, or a change in amperage exceeding ±10% from that qualified												Q
7) A change in the mode of metal transfer from short circuiting to globular, spray, or pulsed and vice versa					O	O						
2.14.9 Other Variables												
1) A change in welding process	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
2) A change from single electrode to multiple electrodes in the same weld pool, and vice versa				T	T	O	O	O	O			
3) A change from multiple-pass per side to single pass per side		T	T	T	T	T	T			Q	O	
4) A change from the conventional welding to keyhole welding, or vice versa, or the inclusion of both techniques unless each has been individually qualified												
5) A change in the shield gas model, or a change exceeding 1/32 in. in the nominal lift												Q
6) A change exceeding ±5% in gas-to-workpiece distance, or axis of bevel angle related to work										Q		
7) A change exceeding ±20% in oscillation length or width from that qualified, or the addition of a concave wash pass										Q		
8) A change in design or material of tracking shoes								O	O	Q		
9) A change exceeding ±20% in the oscillation variables for mechanized or automatic welding		T	T	T	T	T	T					
10) A change exceeding ±10% in travel speed for mechanized or automatic welding		CH	CH	CH	CH	CH	CH					
11) A change from stringer bead to weave bead for manual welding		CH	CH	CH	CH	CH	CH					

ANEXO 5

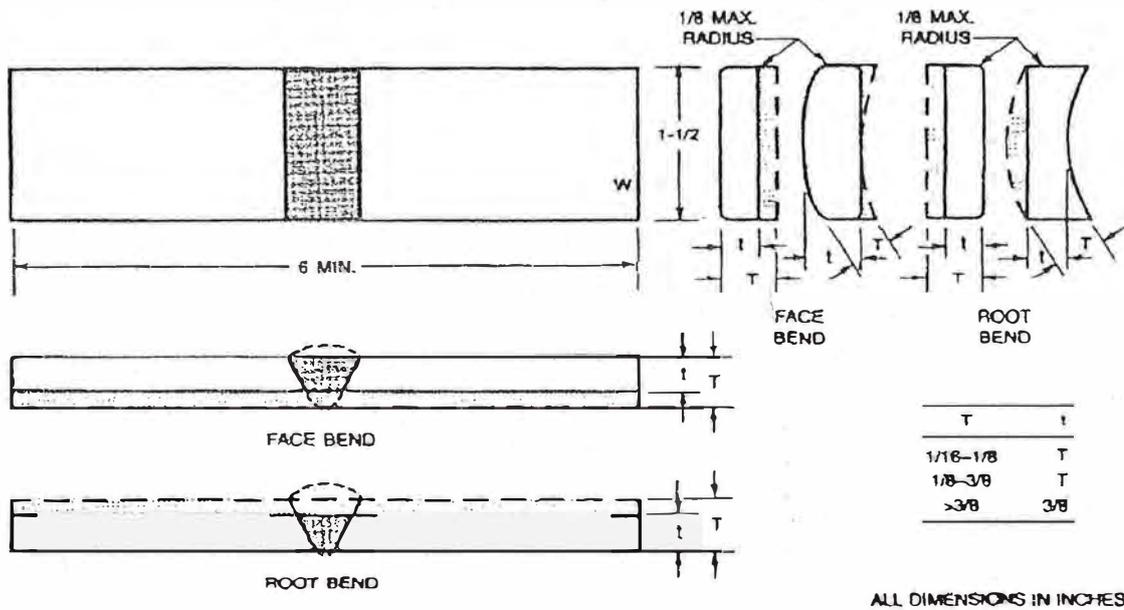
Variables de calificación de procedimiento (Continuación)

	O F W	S M A W	G T A W	S A W	G M A W	F C A W	P A W	E S W	E G W	E B W	L B W	S W
2.14.9 Other Variables (Cont'd)												
12) A change from a stringer to a weave bead, but not vice versa, for M-23, M-24, M-26, and M-27 heat-treatable materials			O		Q		Q					
13) A change from a stringer bead to a weave bead in vertical uphill welding.		T	T		T	T	T					
14) A change in the nominal size or shape of the stud at the section to be welded.												O
15) A change in the type of fuel or type of flame	Q											
16) A change from single sided welds to double sided or vice versa										O	Q	

ANEXO 6

Especímenes de doblez transversal y longitudinal

(Especímen de doblez transversal cara y raíz)



in.	mm
1/16	1.6
1/8	3.2
3/8	9.5
1-1/2	38
6	152

Thickness of Base Materials (T)	Specimen Thickness (TS)	
	M-23 & M-35 All F-23 Welds	All Other Materials
1/16 to 1/8	T	T
1/8 to 3/8	1/8	T
Over 3/8	1/8	3/8

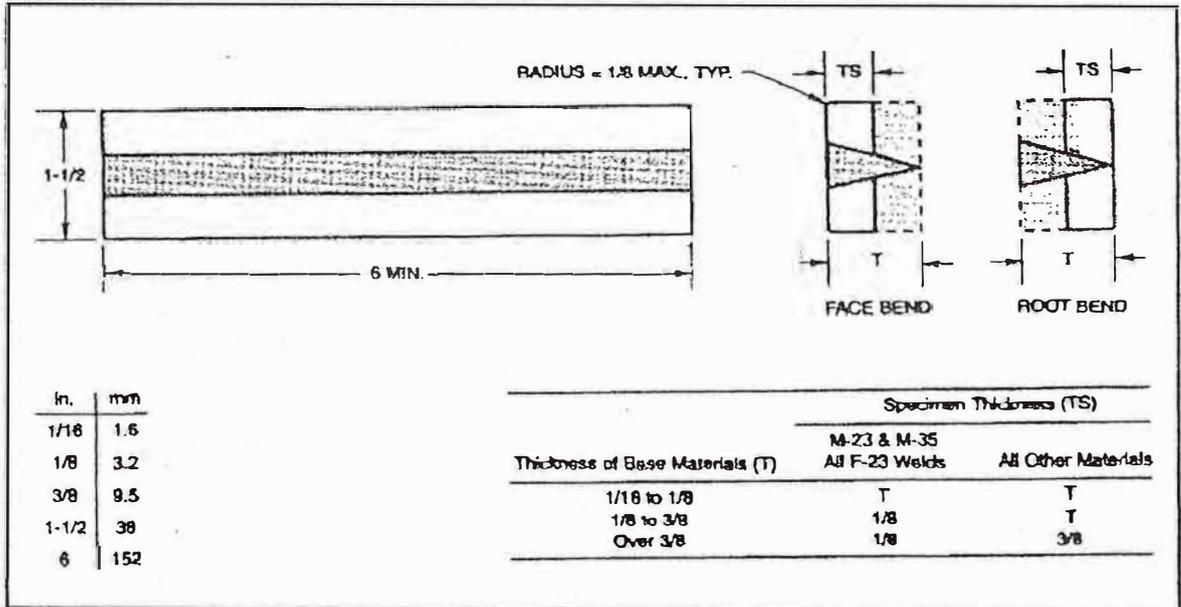
Notes:

1. Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen.
2. If thermal cut, the edges shall be dressed by grinding, except in M-1 materials.
3. For pipe diameters of 2 through 4 in. NPS, the width of the bend specimen may be 3/4 in. For pipe diameters of 3/8 to 2 in. the bend specimen width may be 3/8 in., with an alternative (permitted for pipe 1 NPS in. and less) of cutting the pipe into cu sections, in which case the weld reinforcement may be removed and no other preparation of the specimens is required.

ANEXO 6

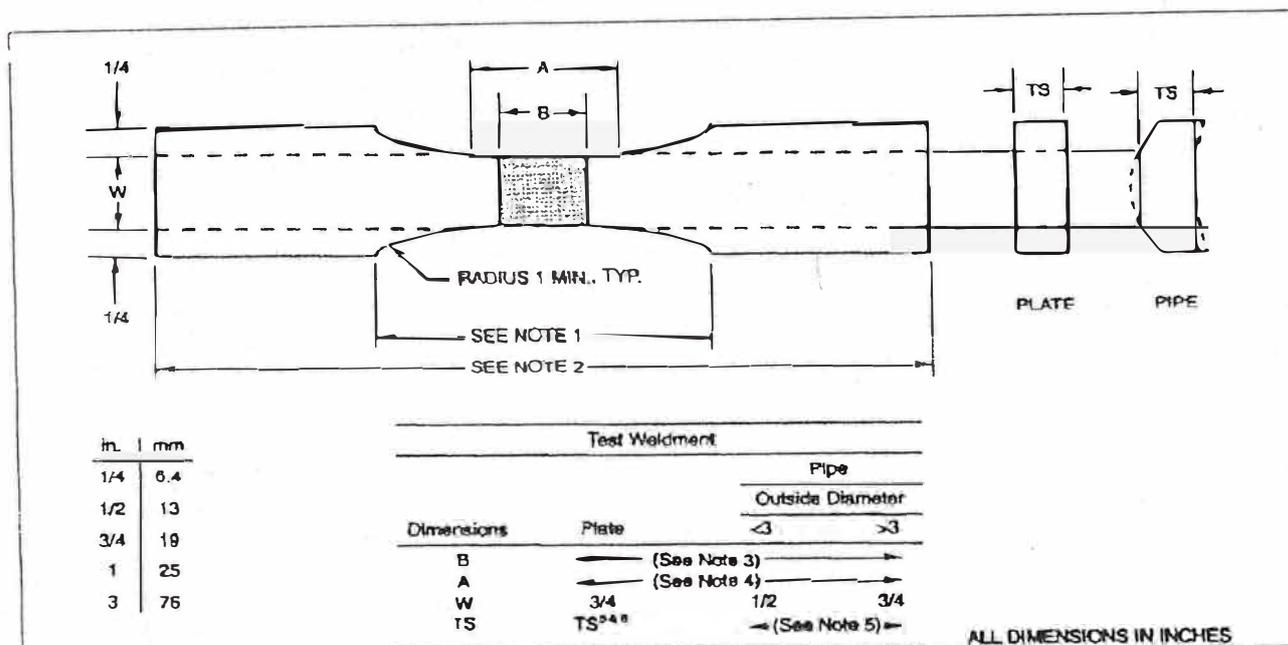
Especímenes de doblez transversal y longitudinal - Continuación

(Especímen de doblez longitudinal cara y raíz)



ANEXO 7

Especímen de tensión sección reducida - rectangular

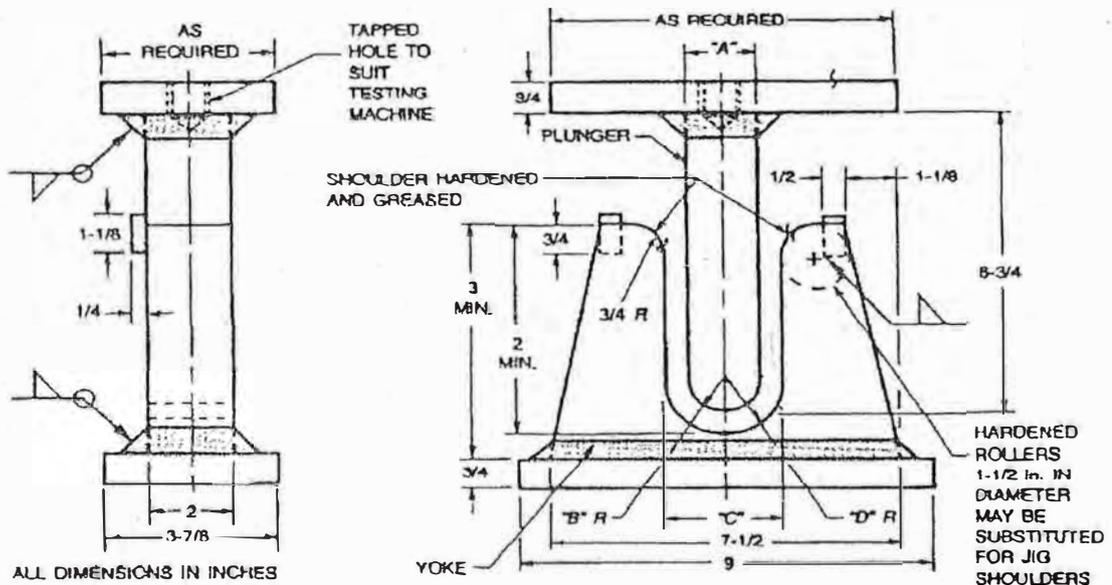


Notes:

1. This section shall be cut by machining or grinding.
2. The specimen length shall be as required by the tension testing equipment.
3. B shall be equal to the greater dimension of the weld metal in the direction of the specimen longitudinal axis.
4. The length of the reduced section A shall be equal to B, plus 1/2 in.; with a minimum of 2-1/4 in. The ends shall not differ in width from the ends to the center, but the width at either end shall not be more than 0.015 in. greater than the width at the center. The weld shall be in the center of the reduced section.
5. The amount removed shall be the minimum needed to obtain plane parallel surfaces across the width of the reduced section.
6. For base metal thicknesses greater than 1 in., multiple tension specimens may be substituted for the single tension specimen from each blank. If multiple specimens are used, one complete set shall be made for each required test. The specimen blank shall be cut into strips of approximately equal thickness.

ANEXO 8

Doblez guiado



ALL DIMENSIONS IN INCHES

in.	mm	Base Metal ⁴	TS ¹ , in.	A, in.	C, in.
1/8	3.2	M-23 (as welded)			
1/4	6.4	M-35 except B148 and B271 welds w/81 F-23 filler metal	1/8	2-1/16 (16-1/2)TS	2-3/8 (18-1/2)TS + 1/16
3/8	9.5		<1/8		
1/2	13	M-11			
3/4	19	M-23 (annealed)	3/8	2-1/2	3-3/8
1-1/8	28.8	M-25	<3/8	(6-2/3)TS	(8-2/3)TS + 1/8
1-1/2	38.1	M-35, B148 and B271			
2	50.8	M-24 (annealed)	3/8 or less	8TS	10TS + 1/8
2-1/8	52.4	M-27, M-81, and M-62			
2-3/8	60.3				
3	76	M-52 and M-53	3/8 or less	10TS	12TS + 1/8
3-3/8	65.7				
3-7/8	98.4	M-54	3/8 or less	14TS	16TS + 1/8
7-1/2	100.5	All others	3/8	1-1/2	2-3/8
8	228		<3/8	4TS	8TS + 1/8

¹TS = Specimen thickness

Notes:

- The dimensions of the bend fixture, except as otherwise required in the above table, shall result in a calculated outer fiber elongation for the specimen equal to the least ductile metal being joined as calculated using the formula:

$$\text{Percent Outer Fiber Elongation} = 100 \text{ TS} / (\text{A} + \text{TS})$$
 Where the metal being tested is not covered by the table above, the specimen thickness (TS) shall be calculated. In no case shall the fixture dimensions exceed the following: $(32-7/8) \times \text{TS}$ for A, $(16-7/16) \times \text{TS}$ for B, or $(34-7/8) \times \text{TS} + 1/16$ for C, where TS is the minimum allowable specimen thickness calculated using the formula:

$$\text{TS minimum allowable} = (\text{A} \times \% \text{ Elongation}) / (100 - \% \text{ Elongation})$$
 where % elongation is the tensile elongation of the least ductile metal being tested.
- The shoulders of the test figure shall either be hardened rollers free to rotate or hardened and greased fixed shoulder.
- The specimen shall be bent until a 1/8 inch diameter wire cannot be inserted at any point between the specimen and the die.
- For M-26, M-81, and M-83 materials, two macroetch specimens shall be used in lieu of guided bend testing. See also Figs. BSA and B5C.

ANEXO 9

Formato PQR

COMPANÍA	(PQR)	PQR No.	
	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA	_____	_____
	(DE ACUERDO A LA AWS D1.1 - 2005)	EMISION	_____
		REVISION	_____

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)			
Nombre de la compañía: _____		Por: _____	
Calificación de Procedimiento (PQR) No. _____		Fecha Prueba: _____	
Proceso(s) de soldadura: _____		Tipo: _____	
JUNTA			
METAL BASE		TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA	
Especificación material _____		Temperatura _____	
Tipo o grado _____		Tiempo _____	
Espesor de probeta _____		Otro _____	
Diámetro de probeta _____			
Otro _____			
		GAS	
		Composición Porcentual	
		Gas(es)	Mezcla
			Flujo
		Protección	_____
		Arrastre	_____
		Respaldo	_____
METAL DE APORTE		CARACTERISTICAS ELECTRICAS	
Especificación SFA _____		Corriente _____	
Clasificación AWS _____		Polaridad _____	
Metal de aporte F – No. _____		Amperaje(A) _____ Voltaje(V) _____	
Análisis de metal depositado A – No. _____		Tamaño de electrodo de tungsteno: _____	
Tamaño de metal de aporte: _____		Otro _____	
Nombre Comercial: _____			
Espesor de metal de soldadura _____			
POSICION		TECNICA	
Posición de ranura _____		Velocidad de avance (cm/min) _____	
Progresión de soldadura (asc, desc) _____		Pasada ancha o angosta _____	
Otro _____		Oscilación _____	
		Pase simple o múltiple _____	
		Electrodo simple o múltiple _____	
PRECALENTAMIENTO		Otro _____	
Temperatura de precalentamiento			
Min. _____			
Temperatura entre pases			
Min. _____			
Otro _____			

ANEXO 9

Formato PQR - Continuación

COMPANIA	REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA De acuerdo a la AWS B2.1 - 2005	PQR No.	
		FOJA	PAGE
		EMISION	
		REVISION	

Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance cm/min
		Clase	Diam (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (A)		

PRUEBA DE TENSION

Especimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Area (mm ²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Tipo de falla y ubicación

Pruebas Mecánicas conducidas por:

Lugar y N° de informe de la Prueba:

ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADO

Tipo y figura No.	Resultado

Pruebas Mecánicas conducidas por:

Lugar y N° de informe de la Prueba:

PRUEBA DE IMPACTO

Especimen No.	Ubicación de muesca	Tamaño de espécimen	Temperatura de ensayo	Valores de impacto			Peso de rotura
				Fuerza	% corte	Mils	

PRUEBA EN SOLDADURA DE FILETE

Resultado satisfactorio: Si No Penetración en metal origen: Si No

Resultados de macro ataque

OTRAS PRUEBAS

Tipo de prueba

Análisis de depósito

Nombre soldador Estampa: DNI

Prueba conducida por:

Nosotros, los abajo firmantes certificamos que los datos en este registro son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldados y ensayados de acuerdo con los requerimientos de la AWS B2.1 - 2005 "Specification for Welding Procedure and Performance Qualification".

AUTORIZADO POR:	INSPECTOR:
-----------------	------------

ANEXO 10

Formato WPS

COMPANIA	ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	-DIA	1992
	(De acuerdo a la AWS E21 - 2005)	EMISOR	
		REVISOR	

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)							
Nombre de la compañía:				Por:			
Especificación de Procedimiento No.			Fecha:		POR de soporte:		
Proceso(s) de soldadura:				Tipo:			
JUNTA				<i>Detalles</i>			
Diseño de junta:				<p>Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes ha ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.</p>			
Respaldo: (Si)		(No)					
Material de respaldo: (Tipo):							
<input type="checkbox"/> Metal		<input type="checkbox"/> Refractario					
<input type="checkbox"/> No metálico		<input type="checkbox"/> Otro					
METAL BASE							
M N°:		Grupo N°:	a	M N°:		Grupo N°:	
○							
Especificación de tipo y grado:							
A la especificación de tipo y grado:							
○							
Análisis químico y propiedades mecánicas:							
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas:							
Rango de espesores							
Metal base:		Ranura:		Filete:			
Diam. Ext. Tubo		Ranura:		Ver.			
Otro							
METAL DE APORTE							
Especificación N° (SFA)							
AWS No (Clase)							
N° F							
N° A							
Diámetro de metal de aporte:							
Metal depositado							
Rango de espesores							
Ranura							
Filete							
Fundente (clase)							
Fundente nombre comercial							
Inserto consumible							

ANEXO 11

Formato WPQR

COMPANÍA	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR AWS B2.1: 2005	WPQR	
		REVISIÓN	1 de 1
		REVISIÓN	

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)					
Nombre:		Identificación:		No. Estampa:	
Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS):			Rev	Fecha	
Variables		Valor Usado en la Calificación		Rango Calificado	
Proceso / Tipo		SMAW		SMAW	
Electrodo (simple o múltiple)					
Corriente / Polaridad					
Posición					
Progresión de soldadura					
Respaldo o Backing					
Material / Especificación					
Metal Base					
Espesor (plancha)					
A tope					
Filete					
Espesor (tubería)					
A tope					
Filete					
Diámetro (tubería)					
A tope					
Filete					
Metal de Aporie					
Nº Especificación					
Clase					
F-Nº					
Tipo gas/fundente					
Otros					
INSPECCIÓN VISUAL (4.8.1)					
Aceptable: Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					
Resultados de Prueba de Doblez Guiado					
Tipo		Resultado		Resultado	
Resultados de Pruebas de Filete					
Apariencia: ---		Dimensión filete: ---			
Prueba fractura penetración raíz: ---		Macro ataque: ---			
Inspeccionado por:			Prueba de Doblez Nº:		
Organización:			Fecha:		
Resultados de Prueba Radiográfica					
Identificación Placa	Resultado	Observaciones	Identificación Placa	Resultado	Observaciones
---	---	---	---	---	---
Interpretado por: ---			Prueba Nº: ---		
Organización: ---			Fecha: ---		
Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la "AWS B2.1 : 2005 Specification for Welding Procedures and Performance Qualification"					
Organización:			Elaborado Por:		
Calificación Conducida por:			Compañía:		Fecha:

ANEXO 12

Temperatura Pre calentamiento

G) MÉTODO DE SEFERIAN⁴:

Propone la siguiente expresión para el cálculo de la temperatura de pre calentamiento:

$$T_p [^{\circ}\text{C}] = 350 \sqrt{C_T - 0.25} \quad (13)$$

donde: C_T = equivalente total de Carbono, suma del equivalente químico (C_q) y el equivalente en Carbono del espesor (C_e) que depende a su vez del propio espesor y de la templabilidad del acero.

$$C_T [\%] = C_q + C_e = C_q (1 + 0.005e) \quad (14)$$

donde: e = espesor [mm].

$$C_q [\%] = C + \frac{\text{Mn}}{9} - \frac{\text{Cr}}{18} - \frac{\text{Ni}}{18} - \frac{\text{Mo}}{90} \quad (15)$$

Saferian determina gráficamente la temperatura de pre calentamiento como se muestra en la figura 6. Como puede observarse, Saferian no tiene en cuenta la energía neta aportada en el proceso de soldadura y por esta razón, las temperaturas resultantes son superiores a las realmente necesarias en aproximadamente 25 a 50 °C.

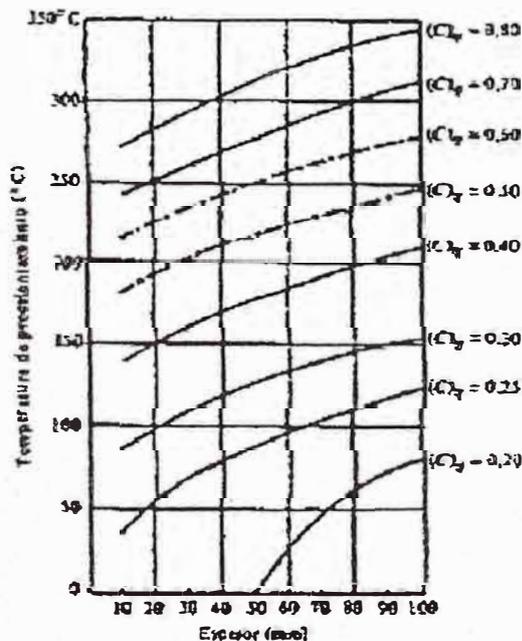


Figura 6: Gráfico de Saferian

ANEXO 13

Datos de un WPS

	O F W	S M A W	G T A W	S A W	G M A W	F C A W	P A W	E S W	E G W	E B W	L B W	S W
2.13.1 Joint Design												
1) Joint type and dimensions	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2) Treatment of backside, method of gouging/ preparation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3) Backing material, if used	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4) Size, shape, ferrule/flux type												X
2.13.2 Base Metal												
1) Material number, subgroup	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2) Thickness range qualified	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3) Diameter (tubular only)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.13.3 Filler Metal												
1) Classification, specification, F- and A-Number, or if not classified the nominal composition	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2) Weld metal thickness by process and filler metal classification	X	X	X	X	X	X	X					
3) Filler metal size or diameter	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4) Flux classification				X				X				
5) Supplemental filler metal			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6) Consumable insert and type			X				X					
7) Consumable guide							X	X				
8) Supplemental deoxidant										X	X	

Especificación de Procedimiento de Soldadura Estandar

Standard Welding Procedure Specification (WPS)**Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1, Group 1 or 2),
3/16 Through 3/4 Inch, in the As-Welded Condition, with Backing.****Welding Research Council¹ — Supporting PQR Numbers: 001A, 002A****Application**

The data to support this Standard Welding Procedure Specification (WPS) have been derived from two or more Procedure Qualification Records (PQRs) completed according to the requirements in AWS B2.1 under the auspices of the Welding Research Council. This Standard WPS is not valid using conditions and variables outside the ranges listed. The American Welding Society considers that this Standard WPS presents information for producing an acceptable weld using the conditions and variables listed. The user needs a significant knowledge of welding and accepts full responsibility for the performance of the weld and for providing the engineering capability, qualified personnel, and proper equipment to implement this Standard Welding Procedure Specification.

The referenced fabrication code or specification and the engineering requirements are intended to specify any requirements related to design, need for heat-treatment, fabricating, tolerances, quality control, safe welding and

testing practices, and examinations and tests applicable to the end product.

A Standard WPS does not replace or substitute for fabrication codes, specifications, contract requirements, or capability and judgment on the part of the user. A Standard WPS is to be used only as permitted by the applicable fabrication code, specification, or contract document. The ability to produce production welds having properties suitable for the application depends upon supplementing the Standard WPS with appropriate performance qualification tests and sound engineering judgment.

A Standard WPS may be supplemented by attached or referenced information and instructions that may be necessary to make an acceptable weldment.

Safety precautions shall conform to the latest edition of ANSI/ASC Z49.1, *Safety in Welding and Cutting*, published by the American Welding Society.

This specification may involve hazardous materials, operations, and equipment. The specification does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user to establish appropriate safety and health practices. The user should determine the applicability of any regulatory limitations prior to use.

1. Welding Research Council, 345 East 47th Street, New York, NY 10017

ANEXO 14

Especificación de Procedimiento de Soldadura Estandar - Continuación

Standard Welding Procedure Specification (WPS)

PROCESS:	SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Manual
BASE METAL:	Carbon Steel ² , M-1 or P-1, Group 1 or 2 to M-1 or P-1, Group 1 or 2
BASE METAL THICKNESS RANGE:	Groove Weld: 3/16 through 3/4 in. Fillet Weld: 3/16 in. minimum
WELD METAL THICKNESS RANGE:	Groove Weld: 3/16 through 3/4 in., plus reinforcement Fillet Weld Leg: 3/16 through 3/4 in.
MAXIMUM WELD BEAD THICKNESS:	1/4 in.
BACKING:	Yes
BACKING MATERIAL:	Carbon Steel ² , M-1 or P-1, Group 1, 2, or 3
ALLOWABLE JOINT DESIGNS:	See Figure 1
WELDING POSITIONS:	All
VERTICAL WELDING PROGRESSION:	Up
NOTCH TOUGHNESS:	Not Qualified for Notch Toughness Applications
PREHEAT TEMPERATURE:	50° F minimum, 350° F maximum
INTERPASS TEMPERATURE:	50° F minimum, 350° F maximum
PREHEAT TEMPERATURE MAINTENANCE:	Continuous or special heating not required
POSTWELD HEAT-TREATMENT:	None (not qualified for PWHT)
TECHNIQUE:	Beads: Stringer or weave Peening: No Cleaning: Joint shall be dry prior to welding Initial Cleaning: Mechanical or chemical Interpass Cleaning: Mechanical only
SINGLE OR MULTIPLE ELECTRODE:	Single
SINGLE OR MULTIPLE PASS:	Either
FILLER METAL SPECIFICATION:	ANSI/AWS A5.1 ASME SFA 5.1 AWS/ASME ² A Number 1, F Number 4
PULSED POWER WELDING:	No
CONSUMABLE INSERT:	No

ANEXO 14

Especificación de Procedimiento de Soldadura Estandar - Continuación

Standard Welding Procedure Specification (WPS)

WELDING PARAMETERS:

BEADS	FILLER METAL*		CURRENT	AMPERES
	Classification	Dia. (in.)	Type and Polarity	Groove and Fillet
Tack	E7016	3/32	DCEP	65/110
Root		1/8	DCEP	110/150
Fill		5/32	DCEP	140/200
Tack	E7018	3/32	DCEP	70/115
Root		1/8	DCEP	115/165
Fill		5/32	DCEP	150/220

*Note: Care of the electrodes prior to use shall be as recommended by the electrode manufacturer to ensure that the low hydrogen characteristics are maintained.

COMPANY NAME _____

In the name of the Company stated above, I accept full responsibility for the application of this Standard WPS for use with

Fabrication Document _____ Dated _____

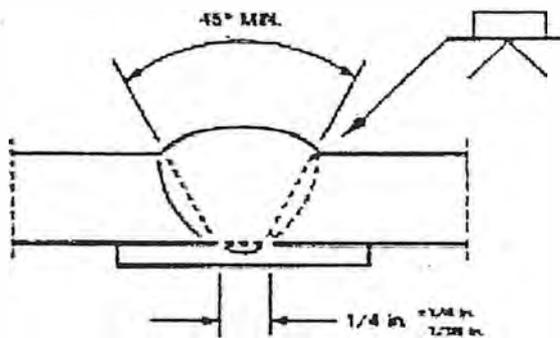
DATE _____ APPROVED BY _____ TITLE _____

ANEXO 14

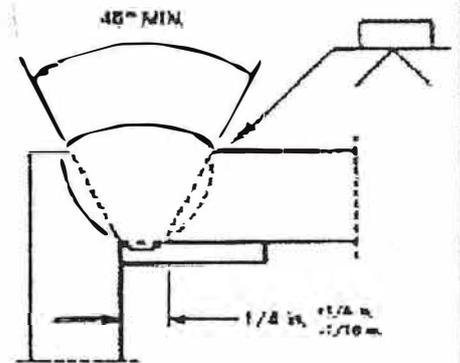
Especificación de Procedimiento de Soldadura Estandar – Continuación

Standard Welding Procedure Specification (WPS)

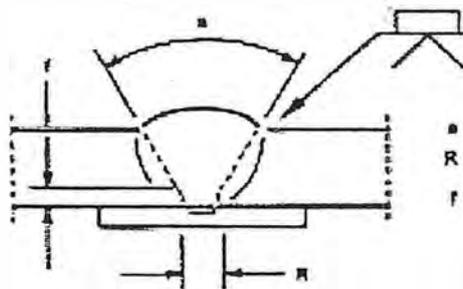
Fillet Welds: All Joints
 Groove Welds: For plate flat products and structural shapes, see Joints 1, 2, and 3.
 For pipe and other tubular products, see Joint 3.



JOINT 1



JOINT 2



JOINT 3

Figure 1 — Allowable Joint Designs

Metric Conversions			
in.	mm	°F	°C
1/16	1.6	50	10
3/32	2.4	350	175
1/8	3.2		
6/32	4.0		
3/16	4.8		
1/4	6.4		
1/2	12.7		
3/4	19.0		

ANEXO 15

Espesores limites de plancha y tubo de soldaduras en chaflán para calificación de
procedimiento

Thickness Limitations of Plate and Pipe for Groove Welds for Procedure Qualification (see Table 2.5 for Sheet Metal Groove Weld Requirements)

Test Weldment ^{a,b,c,d,e} Thickness (T) (in.)	Base Metal Thickness Qualified ^{d,e} (in.)		Deposit Weld Metal Thickness Qualified (t) ^d (in.)
	Minimum	Maximum	Maximum
1/8 to 3/8	1/16	2T	2t
Over 3/8, but less than 3/4	3/16	2T	2t
3/4 to less than 1-1/2	3/16	2T	2t when t < 3/4 2T when t ≥ 3/4
1-1/2 to less than 6	3/16	8	2t when t < 3/4 8 when t ≥ 3/4
6 and over	1	1.33T	2t when t < 3/4 8 when 3/4 ≤ t < 6 1.33t when t ≥ 6

Notes:

- a. Provided that the weld penetration can be measured, EBW and LBW qualified thickness range shall be 1.2T for test weldments 1 in. and under in thickness and 1.1T for weldments over 1 in. thick. If weld penetration cannot be measured the qualified thickness ranges are 1.1T and 1.05T respectively.
- b. When the groove is filled using a combination of welding processes:
 - The test weldment thickness "T" is applicable for the base metal and shall be determined from the Base Metal Thickness Qualified column.
 - The thickness "t" of the weld metal for each welding process shall be determined from the Deposited Weld Metal thickness column.
 - Each welding process qualified in this combination manner may be used separately only within the same qualification variables and the thickness limits.
- c. For OPW, the maximum base metal thickness qualified is the thickness of the test weldment, and the maximum weld metal thickness qualified is the thickness of the weld metal deposited in the test weldment.
- d. For GMAW short-circuit transfer, the maximum base metal thickness qualified is 1.1 times the test weldment thickness, and the maximum weld metal thickness qualified is 1.1 times the weld-metal thickness deposited in the test weldment.
- e. For fracture toughness applications less than 5/8 in. thick, the base metal thickness of the test weldment is the minimum base metal thickness qualified.
- f. If any single pass in the test weldment is greater in thickness than 1/2 in., the qualified base metal thickness is 1.1 times the test weldment thickness.
- g. If a test weldment receives a postweld heat treatment exceeding the lower transformation temperature, the maximum base metal thickness qualified is 1.1 times the base metal thickness of the test weldment, and the maximum weld metal thickness qualified is 1.1 times the weld metal of the test weldment.

T = The thickness of the Test Weldment Base Metal

t = The thickness of the Weld Deposit, excluding reinforcement

ANEXO 16

Posiciones límite para calificación de desempeño

Tests	Position (6)	Groove		Fillet	Clad and Hardfacing
		Plate and Pipe Over 24 in. O.D. (3)	Pipe <24 in. O.D. (3)	Plate and Pipe (3)	Plate and Pipe (5)
Plate Groove	1G	F		F	—
Sheet Groove	2G	F, H		F, H	—
	3G	F, V		F, H, V	—
	4G	F, O		F, H, O	—
	3G and 4G	F, V, O		All	—
	2G, 3G, and 4G	All		All	—
Plate Fillet	1F	—	—	F	—
Sheet Fillet	2F	—	—	F, H	—
	3F	—	—	F, H, V	—
	4F	—	—	F, H, O	—
	3F and 4F	—	—	All	—
Pipe Groove (1)(2)	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	—
Pipe-Fillet	1F	—	—	F	—
	2F	—	—	F, H	—
	2FR	—	—	F, H	—
	4F	—	—	F, H, O	—
	5F	—	—	All	—
Clad or Hardfacing (4) (Pipe or Plate) (5)	1C	—	—	—	F
	2C	—	—	—	F, H
	3C	—	—	—	F, V
	4C	—	—	—	F, O
	3C and 4C	—	—	—	F, V, O
	2C, 3C, and 4C	—	—	—	All
	5C (pipe only)	—	—	—	F, V, O
6C (pipe only)	—	—	—	All	

Notes:

1. Welders qualified on tubular product forms may weld on both tubular, plate and sheet in accordance with any restrictions on diameter contained in other portions of this document.
2. See Table 3.6.
3. F = Flat, H = Horizontal, V = Vertical, O = Overhead
4. Positions for surfacing applications are defined as 1C = Flat, 2C = Horizontal, 3C = Vertical, 4C = Overhead, 5C = Circumferential pipe horizontal position, 6C = Circumferential pipe joint with pipe inclined 45°.
5. For surfacing applications, qualification on plate qualifies for plate only except that qualification on plate in the flat position also qualifies on pipe in the flat position. Qualification on pipe in any position shown above for cladding or hardfacing also qualifies for plate in the positions allowed in the table.
6. Refer to Annex B for welding test position definitions.