

# Calificación de Procedimientos y de Personal

Para obtener soldaduras satisfactorias diversos códigos y especificaciones requieren que los procedimientos de soldadura para la realización de un trabajo sean probados. En adición el código gobernante o especificación puede sugerir que los soldadores sean calificados y las máquinas de soldadura sean calibradas.

Existen dos tipos básicos de calificación en el área de soldadura: Calificación del Procedimiento y Calificación del Personal. El primero tiene en cuenta el diseño de la junta, posición, material base, material de aporte, procesos de soldadura y sus parámetros como: precalentamiento, temperatura entre pases y tratamiento de poscalentamiento. La calificación del personal a soldar a su vez se subdivide en tres: calificación de soldadores, calificación de operadores y calificación de punteadores.

Los requerimientos específicos dependen de cada código desarrollado. Se debe establecer una Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) en donde se indiquen las variables como: material, proceso, junta, posición y espesor a ser utilizado en un trabajo particular.

La prueba del procedimiento de soldadura es ejecutada por el fabricante o contratista de acuerdo a los parámetros dados por el código en particular.

Los resultados de las pruebas de calificación del procedimiento de soldadura son registrados en un documento llamado PQR y es usado como base para respaldar el WPS.



## Especificación del Procedimiento de Soldadura WPS

Un WPS es un documento preparado y calificado por un departamento técnico o de Ingeniería, para dar instrucciones al personal que realiza e inspecciona las soldaduras de producción. Por ser el WPS un documento de Ingeniería es de obligatorio cumplimiento en todas sus partes por los diferentes departamentos de la empresa involucrados con la soldadura.

### Contenido de un WPS:

- ▶ Variables esenciales. Las variables esenciales de un procedimiento de soldadura son aquellas en las que un cambio con respecto a lo descrito específicamente en el código afecta las propiedades mecánicas de la soldadura obtenida y por lo tanto requiere recalificación.
- ▶ Variables esenciales suplementarias. Las variables esenciales suplementarias de un procedimiento de soldadura son las que al cambiarse afectan las propiedades de tenacidad de los materiales a bajas temperaturas, éstas variables deben tenerse en cuenta cuando alguna sección del código o de la especificación exija prueba de impacto de los materiales.
- ▶ Variables no esenciales. Las variables no esenciales de un procedimiento de soldadura son las que al cambiarse no ocasionan efectos apreciables en las soldaduras. Estas variables tienen que ser incluidas en todo WPS y se deben registrar. Las variables no esenciales se pueden cambiar, revisando el WPS, sin necesidad de recalificar el procedimiento de soldadura.
- ▶ Información adicional que se considere necesaria para obtener las soldaduras deseadas. El WPS debe definir las diferentes variables con los valores precisos o los rangos aceptables para ser utilizados al hacer las soldaduras. El WPS deberá estar identificado por un número el cual será referenciado en la soldadura de producción.

Los tópicos que deberán estar listados en un WPS son:

- ▶ **Identificación:** Deben estar consignados los siguientes datos: Nombre de la compañía, persona que realiza el WPS, Número del WPS, Fecha, PQR, Código y persona que revisa el WPS.



- ▶▶ **Proceso de soldadura:** Se debe indicar el proceso o procesos de soldadura utilizados.



- ▶▶ **Diseño de junta:** El diseño de la junta debe tener incluidos todos los detalles para permitir la secuencia de la soldadura. Esta puede hacerse por el bosquejo de la sección transversal, indicando el espesor del metal base y detalles de la junta, o también, por referencia de un plano o especificación normalizada.
- ▶▶ **Metal base:** Este debe estar establecido dando su composición química o refiriendo su especificación, si el material base requiere un tratamiento especial después de la soldadura (por ejemplo: limpieza, trabajo en frío), el fabricante también deberá identificar la condición del metal base (platina, tubo) y su espesor.
- ▶▶ **Metal de aporte:** Se debe especificar el metal de aporte dando su clasificación o composición química diámetro. Si se utiliza un fundente (arco sumergido), se debe especificar su clasificación y tipo.
- ▶▶ **Posiciones de soldadura:** Una especificación deberá siempre diseñar las posiciones en las cuales la soldadura debe ser realizada.
- ▶▶ **Pre calentamiento y temperatura entre pases:** Donde éstas sean un factor significativo para la producción de uniones sanas o influyan en las propiedades de éstas, los límites de temperatura deben ser especificados. En varios casos el pre calentamiento y las temperaturas entre pases deben ser mantenidos dentro de un rango definido para evitar la degradación del metal base en la zona afectada por el calor.
- ▶▶ **Tratamiento de pos calentamiento:** Cuando la junta o estructura soldada requiere tratamiento térmico después de la soldadura, para desarrollar propiedades requeridas, estabilidad dimensional o confiabilidad, tales tratamientos deben ser incluidos en el WPS; el mismo tratamiento térmico debe ser aplicado a todas las soldaduras de prueba para calificación del procedimiento. Una descripción completa del tratamiento térmico debe aparecer en el WPS (T y t).



- ▶▶ **Gas de protección:** Se debe especificar el gas de protección utilizado y el flujo, en el caso que se utilice una mezcla se deberá dar la composición de la misma. También se deberá especificar si el gas será utilizado como protección, arrastre o respaldo.
- ▶▶ **Características eléctricas:** Siempre que la soldadura implique el uso de corriente eléctrica se debe especificar el tipo de corriente. Algunos electrodos revestidos para soldadura por arco manual operan con CD o CA, si se especifica CD, se debe indicar la polaridad apropiada además el rango de corriente para cada tamaño de electrodo, cuando la soldadura se ejecuta en varias posiciones y para soldadura de varios espesores del metal base especificado.
- ▶▶ **Técnica:** El rango de velocidad de avance es obligatorio para procesos automáticos, y frecuente para procesos semiautomáticos. Si las propiedades del metal base pueden ser afectadas por excesivo calor de entrada, es necesario que haya un límite permisible de velocidad de avance o ancho del cordón.
- ▶▶ **Métodos de limpieza y corte:** Los métodos que deben ser usados para la preparación de las caras y el ángulo de la junta, o la limpieza superficial deben ser diseñados en la especificación del procedimiento. Este puede incluir corte por arco con plasma, arco con carbón y aire, u oxígeno y gas combustible, con o sin limpieza de la superficie. La preparación de la superficie puede involucrar maquinado o pulido seguido por limpieza con vapor, ultrasónico, inmersión o limpieza con paño. Los métodos y prácticas serán de acuerdo al metal y a la aplicación.
- ▶▶ **Soldadura provisional (Punteado).** El punteado puede afectar la sanidad de la soldadura, por tanto los detalles concernientes a procedimientos de soldadura provisional deben ser incluidos en el WPS. Los punteadores deben usar el procedimiento diseñado.
- ▶▶ **Detalles de soldadura:** Todos los detalles que influyan en la calidad de la soldadura y términos requeridos en la especificación, deben ser aclarados en el formato. Estos incluyen tamaños apropiados de electrodos para las diferentes secciones de la junta y para diferentes posiciones, la distribución de los pases de soldadura para el llenado de la junta y el ancho de pase o limitación del trenzado.



- ▶▶ **Martilleo:** Sin excepción el uso del martilleo no debe ser permitido. De cualquier modo, éste es usado algunas veces para evitar el agrietamiento o corregir la distorsión de metal base soldado. Si el martilleo va a ser usado, los detalles de su aplicación y herramienta a usar deben ser incluidos en el WPS.
- ▶▶ **Calor de entrada:** El calor de entrada durante la soldadura es generalmente de gran importancia cuando se sueldan aceros tratados térmicamente y aleaciones ferrosas y no ferrosas sensibles al agrietamiento. Siempre que el calor de entrada pueda influir en las propiedades finales de la junta soldada, los detalles de su control deben estar incluidos en el WPS.
- ▶▶ Preparación del segundo lado: Cuando las juntas van a ser soldadas por ambos lados, los métodos de preparación deben ser incluidos en el WPS. Si el segundo lado requiere una inspección además de la visual, ésta debe ser establecida en el WPS; esta preparación es de gran importancia para la producción de juntas soldadas libres de grietas y otros defectos.
- ▶▶ Consideraciones para seleccionar y elaborar un WPS
  - ▶▶ Compatibilidad entre el metal de soldadura y los metales base seleccionados.
  - ▶▶ Propiedades metalúrgicas de los metales a soldar
  - ▶▶ Diseños de juntas y cargas
  - ▶▶ Propiedades mecánicas deseadas.
  - ▶▶ Requerimientos de servicio a que va a someterse el equipo o elemento.
  - ▶▶ Requerimientos de tratamiento térmico.
  - ▶▶ Habilidad y disponibilidad de los soldadores
  - ▶▶ Disponibilidad de los equipos
  - ▶▶ Localización del trabajo.
  - ▶▶ Economía (Costo, Tiempo).



## Formato para un WPS



El formato se encuentra estipulado en cada código de soldadura: esta forma es recomendada pero no obligatoria. Cualquier forma podrá reemplazar las formas del código, siempre que contengan toda la información que el código requiere.



## Registro de Calificación de Procedimiento PQR

Es un documento que valida y respalda el WPS. El PQR contiene las variables reales de soldadura, utilizadas en la prueba y los resultados del ensayo realizado sobre la soldadura, para propósitos de calificar las especificaciones del procedimiento de soldadura. El PQR es el registro que documenta los resultados de soldar y ensayar las probetas.

### Contenido del PQR

- ▶ Variables esenciales de los procesos usados en el procedimiento.
- ▶ Variables esenciales suplementarias cuando se requiera prueba de impacto.
- ▶ El registro de las variables no esenciales es a elección del fabricante.
- ▶ Cualquier otra información que se considere necesaria.
- ▶ El registro de los resultados de los ensayos realizados.
- ▶ Solamente deberá documentarse la información que se observe durante la prueba. Si alguna cosa no se observa no deberá registrarse.

### ¿Cómo Documentar un Registro de Calificación de Procedimiento?

Los siguientes son los pasos sugeridos para realizar un PQR:

- ▶ Soldar una junta de prueba con base en un WPS.
- ▶ Preparar las probetas de ensayo, Estas probetas son tomadas de la junta en prueba, para determinar sus propiedades: El tipo y número de especímenes tomados y los detalles de las pruebas dependen de los requerimientos particulares de aplicación o código aplicado.
- ▶ Realizar directamente u ordenar las pruebas requeridas. Usualmente las pruebas incluyen probetas para tensión y doblez guiado para determinar la resistencia, ductilidad, sanidad y fusión adecuada. Si son filetes soldados,



únicamente se hacen probetas para tensión al cizallamiento, rotura, y probetas para macro-ataque. Pruebas adicionales pueden ser especificadas por documentos de contrato o aplicación del código cuando se necesiten. Las pruebas pueden ser:

» Ensayo de Impacto: Para determinar la tenacidad de la soldadura y la zona afectada por el calor. Esta prueba se realiza a una temperatura adecuada para minimizar el riesgo de que se presente fractura frágil. La probeta Charpy con entalla en V, es la más usada, pero se puede incluir pruebas de martilleo y pruebas de propagación de grieta (COD: Crack Opening Displacement).



» Pruebas de rotura con entalla (Nick). Determinan la sanidad de la soldadura.

» Pruebas de dobléz guiado. Determinan la ductilidad del metal soldado.

» Pruebas de cizallamiento: Determinan la resistencia al cizallamiento de filetes soldados. Pruebas de dureza: Determinan el tratamiento térmico adecuado y conveniente, para las condiciones de servicio. Tales pruebas pueden ser realizadas en la superficie o en la

sección transversal de la soldadura.

» Pruebas de tensión: Determinan las propiedades mecánicas del metal soldado y las condiciones de servicio.

» Pruebas de adhesión: Determinan la susceptibilidad al agrietamiento y la capacidad de lograr soldaduras sanas, bajo condiciones de adhesión.

» Pruebas de resistencia a la corrosión: Determinan las propiedades mecánicas de permanencia en ambientes agresivos.

» Pruebas de inspección no destructiva y pruebas de macro-ataque. Determinan la sanidad de una soldadura.

NOTA: La ampliación sobre inspección y ensayos en la soldadura se hará en semana 4.  
Evaluar los resultados de los ensayos  
Documentar los resultados en un PQR.  
Registrar los resultados.



## Formato para un PQR

El formato es sugerido por los códigos, Esta forma es recomendada pero no obligatoria. Cualquier formato podrá reemplazar las formas del código, siempre que contengan toda la información que el código requiere.

Secuencia básica para documentar un procedimiento de soldadura.

La secuencia básica para calificación de un procedimiento de soldadura es el siguiente:

1. Preparar un WPS preliminar.
2. Preparar y soldar el conjunto de partes para las pruebas convenientes usando el WPS preliminar.
3. Ejecutar las pruebas destructivas y no destructivas requeridas.
4. Evaluar los resultados de preparación, soldadura y pruebas.
5. Registrar los resultados en un formato.
6. Editar el PQR aprobado.
7. Editar el WPS aprobado.

## Registro de Calificaciones de Soldadores

En éste documento debe registrarse como mínimo, las variables esenciales para soldadores, el tipo de pruebas realizadas y sus resultados, y los rangos calificados de acuerdo con la forma establecida en cada código para cada soldador u operario de soldadura.

### Contenido de un Registro de Calificación de Soldadores.

El registro debe contener, por lo menos:

- ▶ Las variables esenciales, correspondientes al procedimiento de soldadura utilizado, con las que el soldador hace la junta de prueba.
- ▶ Los rangos en los que el soldador queda calificado, deberá tenerse en cuenta que algunos valores son máximos y otros son mínimos.



- ▶▶ Nombre del fabricante.
- ▶▶ Fecha.
- ▶▶ Funcionario del fabricante que certifica que la junta de prueba fue preparada, soldada y probada de acuerdo con el código.

## Requisitos Generales para la Calificación de Soldadores y Operadores.

- ▶▶ La junta de prueba deberá ser soldada de acuerdo con un WPS del fabricante.
- ▶▶ Cuando el WPS con el que se va a calificar al soldador requiere poscalentamiento, PWHT (Post Welding Heat Treatment), éste puede ser omitido para la calificación del soldador.
- ▶▶ Cuando un soldador u operario de soldadura califique un WPS, también califica como soldador dentro de los límites establecidos para calificación de soldador u operario.
- ▶▶ El supervisor que conduzca la prueba, puede parar su ejecución en el momento en que considere que no se cumplen los requisitos para obtener resultados satisfactorios.

Nota: En el código AWS D 1.1 también se califican los punteadores.

## Continuidad de Soldadores y Operarios de Soldadura

Es necesario que los soldadores y operarios de soldadura suelden seguido para mantener su destreza y habilidad en el proceso o procesos para los cuales han sido calificados. Con este objeto se establecen los siguientes requisitos:



Cuando el soldador u operario de soldadura no suelde en cada proceso en que ha sido calificado durante un periodo mayor a seis (6) meses, su calificación en este proceso expira. Para mantener su continuidad es necesario que suelde en trabajos de acuerdo con el procedimiento especificado.

Es necesario llevar un registro con la fecha, resultados de las pruebas y con estampe asignado a cada soldador, control que debe estar certificado por el fabricante.

## Recalificación de Soldadores

Deberá recalificarse a los soldadores u operarios de soldadura cuando:

- ▶▶ Expire la calificación por haberse pasado del tiempo límite dado por cada código.
- ▶▶ Exista una razón para dudar de su habilidad para realizar soldaduras que cumplan con las especificaciones.

Si la renovación de la calificación se debe a límite de tiempo sin soldar, la renovación puede hacerse utilizando una sola probeta de prueba, de lámina o tubo, de cualquier espesor, diámetro, y soldando en cualquier posición.

Cuando la renovación se deba a dudas sobre habilidad, la recalificación deberá hacerse en una junta de prueba apropiada para los trabajos de producción planeados.

En ambos casos deberán realizarse las pruebas requeridas para cualquier calificación de soldadores, y los criterios de aceptación serán los mismos.



## Responsabilidad del Fabricante en la Calificación de los Procedimientos de Soldadura

Es obligación del fabricante:



- ▶▶ Preparar por escrito los procedimientos de soldadura.
- ▶▶ Preparar un reporte de calificación de procedimiento con base en la soldadura de una probeta.
- ▶▶ Realizar u ordenar que se realicen todos los ensayos de laboratorio requeridos.
- ▶▶ Listar todos los parámetros necesarios para la aplicación del procedimiento.
- ▶▶ Registrar los datos reales de la soldadura en el PQR.
- ▶▶ Registrar los resultados de los ensayos de laboratorio en el PQR.
- ▶▶ Certificar la información contenida en el PQR.
- ▶▶ Asegurarse que todas las juntas de prueba las suelden trabajadores bajo control directo.
- ▶▶ Implantar un sistema de control de calidad que controle las calificaciones.
- ▶▶ Obtener la calidad exigida por los códigos y por lo tanto es responsable por la calidad de las soldaduras efectuadas en la compañía.
- ▶▶ Considerar la compatibilidad metalúrgica entre el metal de aporte y el metal base.
- ▶▶ Mantener disponible para el soldador y quienes supervisen la soldadura, el WPS correspondiente.

