

# Normas y Calificación en Soldadura

Ing. José C. Cassina



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



**UCU**

Universidad  
Católica del  
Uruguay

# Normas y Calificación en Soldadura

## INDICE

- 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA.**
  - 2. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES.**
    - 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA.**
  - 3. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y SOLDADORES.**
    - 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIM. DE SOLDADURA (EPS – “WPS”).**
    - 3.2. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (RCP – “PQR”).**
    - 3.3. CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA.**
    - 3.4. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (RCS – “WPQ”).**
  - 4. SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD EN SOLDADURA.**
- ANEXO 1: DOCUMENTACIÓN SEGÚN ASME IX.**

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

Las actividades en el campo industrial ejercen un efecto importante aún sobre los individuos no involucrados directamente en los procesos de fabricación: usuarios directos y no usuarios de los productos de estos procesos.

La **FALTA DE REGLAMENTACIÓN** o la **NO OBSERVANCIA DE LAS NORMAS EXISTENTES** ha ocasionado accidentes y otros problemas con serias consecuencias para productores, usuarios, población en general y medio ambiente.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

La necesidad de estos Códigos comenzó a ser evidente especialmente a partir de la invención de la máquina de vapor.

La primera máquina de vapor comercialmente exitosa fue patentada por Thomas Savery en Inglaterra en 1698.

Esta máquina, junto con otras que fueron incorporando mejoras, marcaron el comienzo de la Revolución Industrial.

Esta nueva fuente de generación de potencia se empleó en mejorar el parque de máquinas en fábricas y permitió nuevas formas de transporte, que se desarrollaron rápidamente.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

De esta forma, durante los siglos XVIII y XIX el vapor se convirtió en la primera fuente de generación de potencia y estimuló la revolución industrial.

En esa época los diseñadores y constructores de calderas poseían un escaso conocimiento, ya que no existían Códigos de diseño y construcción que los guiaran en sus esfuerzos por fabricar generadores de vapor que operaran de forma segura.

El estado del conocimiento acerca de estos sistemas era insuficiente y ello quedó demostrado por los numerosos accidentes ocurridos, algunos de las cuales se reseñan a continuación.

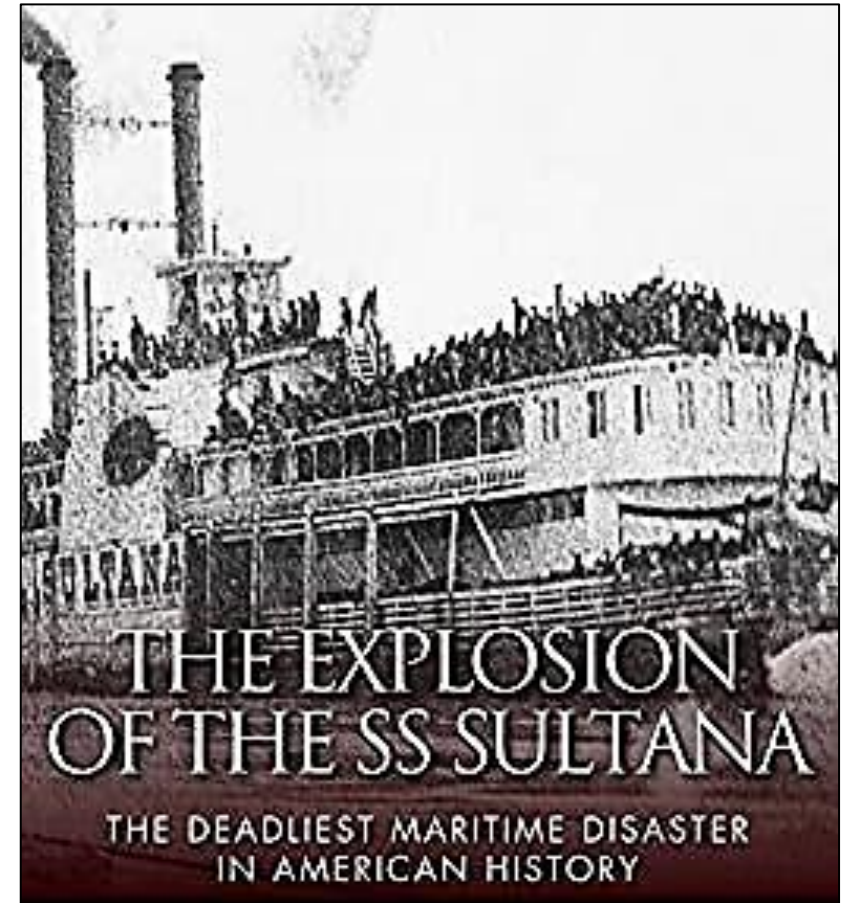
# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

El 27 de abril de 1865, el barco a vapor *Sultana* estaba navegando el río Mississippi con más de 2.200 personas a bordo. A las 3 am, estando situado a unas siete millas al norte de Memphis (Tennessee), explotaron tres de las cuatro calderas que alimentaban la nave.

Las violentas explosiones provocaron un incendio, y en 15 minutos el *Sultana* se quemó hasta la línea de flotación.

Murieron más de 1.500 personas.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

- En el año 1880, se crea en EEUU la “American Society of Mechanical Engineers” (ASME), que trató de definir reglas de construcción que permitieran disminuir la cantidad de accidentes que se ocasionaban.
- Durante la reunión anual de la Sociedad del año 1883, fue presentada una propuesta sobre la necesidad de adoptar una serie de normas para la realización de inspecciones de prueba de calderas, las cuales serían aceptadas por los ingenieros como un Código normativo de práctica.
- Se enfatizó la falta de uniformidad de criterios, ya que *“cada ingeniero que realiza una inspección de prueba de una caldera hace una regla por sí mismo, la cual puede variar de acuerdo con la conveniencia o intereses de la parte para quien la inspección es realizada”*, según constaba en actas.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

- Esto resultó en la formación de un Comité para estudiar la creación de un Código de Inspección Uniforme. Tal Código fue publicado en 1884 y fue considerada la primera Norma emitida por ASME.
- En un breve período, la Sociedad decidió entre otros temas que el Comité de Normas debería estar integrado por representantes de Fabricantes y Usuarios, lo que caracteriza la integración actual de los Comités de ASME.
- Simultáneamente, a medida que ASME se desarrolló durante la década de 1880, se fabricó e instaló un número cada vez mayor de calderas para satisfacer las necesidades de la producción en fábrica y las incipientes industrias del petróleo y el acero. Para 1890, había unas 100.000 calderas en servicio en EEUU.



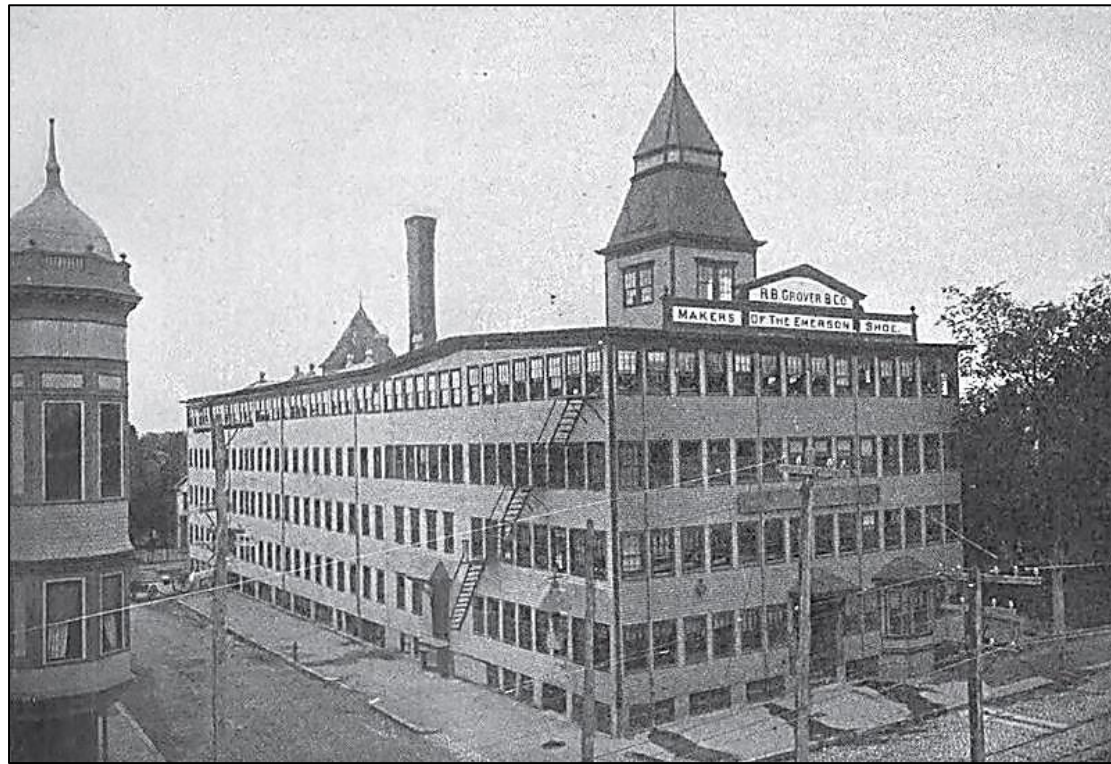
# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

- Las calderas fabricadas continuaban siendo inseguras y como problema adicional, se estaban volviendo cada vez más grandes y complejas; ante la ausencia de pautas de funcionamiento consistentes, muchos usuarios aumentaron las clasificaciones de presión en un esfuerzo por lograr mayor producción.
- En la primera década de funcionamiento de ASME, explotaron más de 2.000 calderas.
- Cuando el 10 de marzo de 1905 explotó una caldera en una fábrica de zapatos (RB Groover Shoes) de Brockton, Massachusetts, matando a 58 personas y causando grave daños materiales, se produjo una grave protesta pública.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA



Fábrica de zapatos “RB Grover Company” antes de la explosión

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA



Fábrica de zapatos “RB Grover Company” después de la explosión



# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA



Restos de la caldera de la “RB Grover Company” encontrados a cientos de metros del edificio.

En agosto de 1907, en el estado de Massachusetts se logró establecer el Consejo de Reglas de Calderas (“Board of Boiler Rules”), la primera legislación de diseño de calderas efectiva en los EEUU.

Se estimó que en EEUU Entre los años 1870 y 1910 se registraron al menos 10.000 explosiones en calderas.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

- En los cuatro años siguientes, otros estados y ciudades promulgaron una legislación similar.
- Esta nueva legislación y la perspectiva de leyes y requerimientos adicionales impulsaron a los Usuarios y a los Fabricantes a buscar y seguir “reglas modelo” para el diseño, la construcción y la inspección de calderas.
- A partir de todos estos antecedentes, en 1914 se logró elaborar por parte de ASME el documento “Rules for the construction of stationary boilers and for allowable working pressures” (Reglamento para la construcción de calderas estacionarias y su presión de trabajo permitida), el cual fue homologado en 1915, constituyéndose en el primer Código ASME. Básicamente constituyó la primera Sección I.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 1. GENERALIDADES SOBRE NORMAS Y CALIFICACIÓN EN SOLDADURA

### Definición de Código

- Un **Código** es una Norma que ha sido emitida por Agencias Gubernamentales o Privadas y **puede tener carácter legal, y en tal caso su cumplimiento es mandatorio.**
- En particular, el BPVC (Boiler & Pressure Vessels Code) es adoptado como ley en muchos estados de EEUU y provincias de Canadá
- Sólo calderas: Arizona, Nuevo México, Texas, Louisiana, Florida, West Virginia, Connecticut, Montana, South Dakota y Michigan
- Solo recipientes a presión: Wyoming
- No incorpora ninguna reglamentación a la ley: South Carolina.
- El resto de los estados y todas las provincias de Canadá, incorporan ambas reglamentaciones a la ley.
- **En otros países debe ser invocado por algún requisito del Cliente.**

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES

### **AUTORIDAD:**

Un Código precisa tener un grado de **AUTORIDAD** suficiente para garantizar que sus exigencias sean cumplidas por sus usuarios.

Esta **AUTORIDAD** está asegurada por Organizaciones reguladoras internacionales, gubernamentales, industriales o de consumidores, que tienen la facultad de punir las actividades de aquellos que incumplen las reglamentaciones, o premiar las de quienes las cumplen.



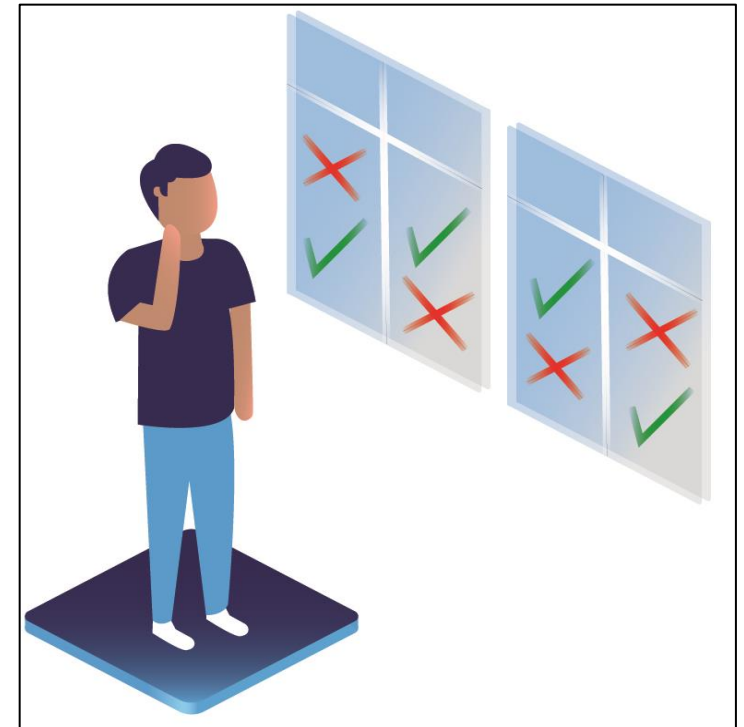
# Normas y Calificación en Soldadura

## 2. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES

### **INTERPRETABILIDAD:**

Para que un Código sea aplicable, tanto para un fabricante como para un usuario, **DEBE SER ESCRITO EN UNA TERMINOLOGÍA CLARA, CONCISA Y SIN AMBIGÜEDADES.**

Esto es de fundamental importancia cuando el cumplimiento del mismo tiene **carácter legal.**





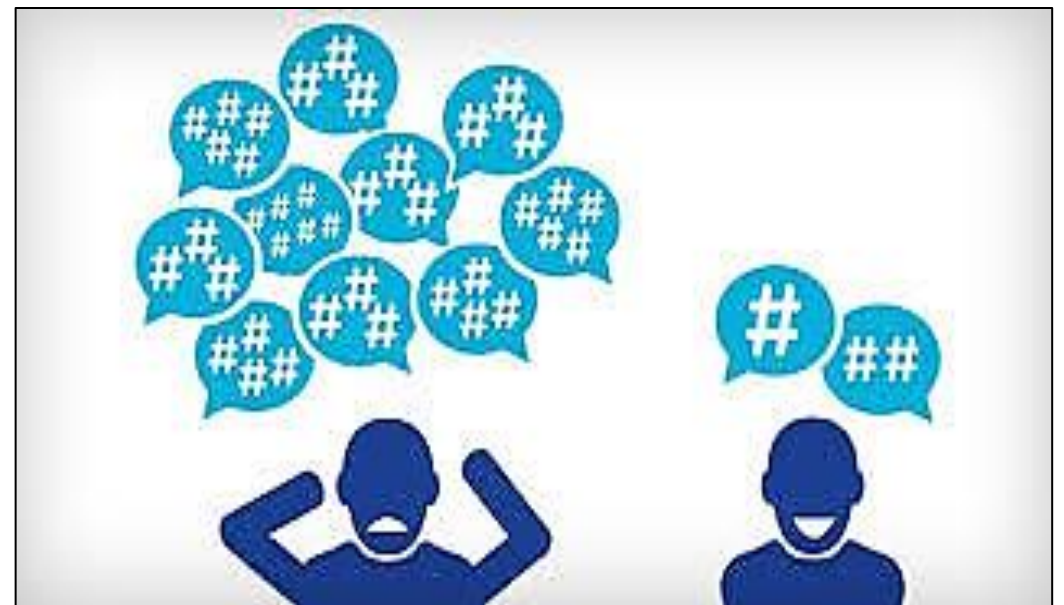
# Normas y Calificación en Soldadura

## 2. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES

### **PRACTICIDAD:**

Un Código debe ser de uso **PRÁCTICO**. Esto significa que un usuario debe conseguir atender sus exigencias y **PRODUCIR, CON LUCRO**, un producto que sea útil al usuario. Para obtener este resultado, se requiere que su contenido sea discutido por especialistas en todas las áreas involucradas.

La decisión del grado de control solicitado es fundamental, pues un problema posible es que la obediencia al Código se torne un obstáculo para una producción eficiente y lucrativa.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 2. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES

### **MECANISMOS DE REVISIÓN:**

Es necesaria la existencia de **MECANISMOS QUE PERMITAN REVISIONES** del Código en base a la experiencia acumulada de los comités que lo integran (grupos reguladores gubernamentales, productores, representantes de consumidores), así como al desarrollo de nuevas técnicas de fabricación, inspección o control.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

En estos casos específicos, **la realización de soldaduras inadecuadas** durante la fabricación de ciertos tipos de estructuras o equipamientos, tales como ESTRUCTURAS CIVILES, PUENTES, NAVÍOS, OLEODUCTOS, COMPONENTES AUTOMOTRICES y RECIPIENTES A PRESIÓN, entre otros, **pueden resultar en serios accidentes con pérdidas humanas y materiales, así como en daños al medio ambiente.**

Para controlar estos riesgos existen diversas Organizaciones dedicadas a la elaboración de Normas, Códigos y Especificaciones; entre otras mencionamos:

<b>AWS</b>	<b>American Welding Society</b>
<b>API</b>	<b>American Petroleum Institute</b>
<b>ASME</b>	<b>American Society of Mechanical Engineers</b>
<b>ISO</b>	<b>International Organization for Standardization</b>
<b>AISC</b>	<b>American Institute of Steel Construction</b>
<b>ANSI</b>	<b>American National Standard Institute</b>
<b>ASNT</b>	<b>American Society for Nondestructive Testing</b>
<b>ASTM</b>	<b>American Society for Testing and Materials</b>

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

Las operaciones de soldadura para diversas aplicaciones son reguladas por diferentes Códigos dependiendo de la aplicación específica.

Como ejemplo de códigos y especificaciones importantes vinculados a soldadura podemos citar los siguientes:

### 1. **ASME: Boiler and Pressure Vessel Code**

Aplica a la fabricación de recipientes a presión y calderas.

Este Código es tomado como Norma de fabricación de estos equipos en EEUU y Canadá; la presencia de la estampa en un recipiente es la garantía del cumplimiento de sus recaudos y permite satisfacer los requisitos de leyes y regulaciones en la materia.

El Código se mantiene actualizado por Comités, constituídos por grupos de especialistas que actúan en forma voluntaria.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

Las Secciones que actualmente integran el ASME BPVC (“Boiler and Pressure Vessels Code” son las siguientes:

**I** - Rules for Construction of Power Boilers.

**II** - Materials.

Part A — Ferrous Material Specifications.

Part B — Nonferrous Material Specifications.

Part C — Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals.

Part D — Properties (Customary).

Part D — Properties (Metric).

**III** - Rules for Construction of Nuclear Facility Components.

**IV** - Rules for Construction of Heating Boilers.

**V** - Nondestructive Examination.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

**VI** - Recommended Rules for the Care and Operation of Heating Boilers.

**VII** - Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers.

**VIII** - Rules for Construction of Pressure Vessels.

Division 1.

Division 2 — Alternative Rules.

Division 3 — Alternative Rules for Construction of High Pressure Vessels.

**IX** - Welding, Brazing, and Fusing Qualifications.

**X** - Fiber-Reinforced Plastic Pressure Vessels.

**XI** - Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components.

**XII** - Rules for Construction and Continued Service of Transport Tanks.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 2. **AWS D1.1: Structural Welding Code.**

Aplica a estructuras soldadas de acero al carbono y de baja aleación, pero no puede emplearse en los siguientes casos:

1. Aceros con límite de fluencia mínimo especificado mayor a 100 Ksi (690 MPa).
2. Aceros con espesores menores a 1/8" (3.0 mm).
3. Recipientes y tuberías sometidos a presión.
4. Materiales base que no sean aceros al carbono y/o de baja aleación.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 2. **AWS D1.1: Structural Welding Code.**

Este Código describe los requerimientos para soldaduras de estructuras de acero, sometidas a cargas estáticas o dinámicas.

Este Código es revisado cada 5 años e incluye las siguiente Secciones:

1. General Requirements.
2. Design of Welded Connections.
3. Prequalification of WPS's.
4. Qualification.
5. Fabrication.
6. Inspection.
7. Stud Welding.
8. Strengthening and Repair of Existing Structures.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 2. AWS D1.1: Structural Welding Code.

9. Tubular Structures.

**Normative Annexes:** B, D, E, F, G, H, I, J.

**Informative Annexes:** K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U.

Otros Códigos AWS Estructurales, con formato similar a AWS D1.1 son los siguientes:

### 2.1 AWS D1.2: Structural Welding Code – Aluminum.

### 2.2 AWS D1.3: Structural Welding Code – Sheet Steel.

### 2.3 AWS D1.4: Structural Welding Code – Reinforcing Steel.

### 2.4 AWS D1.5: Bridge Welding Code.

### 2.5 AWS D1.6: Structural Welding Code – Stainless Steel.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3. **Standards API:**

El American Petroleum Institute (API) publica tres importantes Normas relacionadas con tubos soldados y recipients dentro del área de la industria del petróleo:

#### 3.1 **API 1104 - Standard for Welding Pipeline and Related Facilities.**

#### 3.2 **API 650 - Standard for Welded Steel Tank for Oil Storage.**

Aplicable a grandes tanques cilíndricos verticales soldados en campo, que operan a presiones internas atmosféricas (hasta 1.5 psig), que no pueden exceder el peso del techo y a temperaturas no superiores a 93°C.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3.1 **API 1104: Standard for Welding Pipeline and Related Facilities.**

Este Standard cubre las soldaduras por arco eléctrico a tope, filete y “socket” en aceros al carbono y de baja aleación, utilizados en la compresión, bombeo y transmisión de petróleo crudo, productos derivados de petróleo, combustibles, , etc. Aplica tanto a construcciones nuevas como en servicio.

La soldadura puede ser realizada por proceso SMAW, SAW, GTAW, GMAW, FCAW PAW, OAW o combinación de esos procesos.

Este Standard incluye el siguiente contenido:

1. Scope
2. Normative References.
3. Terms, Definitions, Acronyms and Abbreviations.
4. Specifications.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3.1 **API 1104: Standard for Welding Pipeline and Related Facilities.**

5. Qualification of Welding Procedures with Filler Metal Additions.
6. Qualification of Welders.
7. Design and Preparation of a Joint for Production Welding.
8. Inspection and Testing of Production Welds.
9. Acceptance Standards for NDT.
10. Repair and Removal of Weld Defects.
11. Procedures for NDT.
12. Mechanized Welding with Filler Metal Additions.
13. Automatic Welding Without Filler Metal Additions.
  - **Annex A (normative):** Alternative Acceptance Standards for Girth Welds.
  - **Annex B (normative):** In-service Welding.
  - **Annex C (normative):** Requests for Interpretation and Request for Revision to the Document.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3.2 **API 650: Standard for Welded Steel Tank for Oil Storage.**

Este Standard incluye los siguientes temas:

1. Scope.
2. Normative References.
3. Terms and Definitions.
4. Materials.
5. Design.
6. Fabrication.
7. Erection.
8. Methods of Examining Joints.
9. Welding Procedure and Welder Qualifications.
10. Marking.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3.3 **API 650: Standard for Welded Steel Tank for Oil Storage.**

Este Standard incluye los siguientes temas:

**Annex A** (normative) - Optional Design Basis for Small Tanks.

**Annex AL** (normative) - Aluminum Storage Tanks.

**Annex B** (informative) - Recommendations for Design and Construction of Foundations for Aboveground Oil Storage Tanks.

**Annex C** (normative) - External Floating Roofs.

**Annex D** (informative) - Inquiries and Suggestions for Change.

**Annex E** (normative) - Seismic Design of Storage Tanks.

**Annex EC** (informative) - Commentary on Annex E.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3.3 **API 650: Standard for Welded Steel Tank for Oil Storage.**

**Annex F** (normative) - Design of Tanks for Small Internal Pressures.

**Annex G** (normative) - Structurally-Supported Aluminum Dome Roofs.

**Annex H** (normative) - Internal Floating Roofs.

**Annex I** (normative) - Undertank Leak Detection and Subgrade Protection.

**Annex J** (normative) - Shop-Assembled Storage Tanks.

**Annex K** (informative) - Sample Applications of the Variable-Design-Point Method to Determine Shell-Plate Thickness.

**Annex L** (normative) - API Standard 650 Storage Tank Data.

**Annex M** (normative) - Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

### 3.3 **API 650: Standard for Welded Steel Tank for Oil Storage.**

**Annex N** (normative) - Use of New Materials That Are Not Notified.

**Annex O** (informative) - Recommendations for Under-Bottom Connections.

**Annex P** (normative) - Allowable External Loads on Tank Shell Openings

**Annex S** (normative) - Austenitic Stainless Steel Storage Tanks.

**Annex SC** (normative) - Stainless and Carbon Steel Mixed Materials Storage Tanks.

**Annex T** (informative) - NDE Requirements.

**Annex U** (normative) - Ultrasonic Examination in Lieu of Radiography.

**Annex V** (normative) - Design of Storage Tanks for External Pressure.

**Annex W** (normative) - Commercial and Documentation Recommendations.

**Annex X** (normative) - Duplex Stainless Steel Storage Tanks.

**Annex Y** (informative) - API Monogram.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 2.1 CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES EN SOLDADURA

Estos Códigos y especificaciones cubren las diferentes etapas de soldadura, incluyendo por ejemplo:

- ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES (metal de base y consumibles)
- PROYECTO Y PREPARACIÓN DE JUNTA,
- CALIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO Y DE SOLDADOR/OPERADOR,
- PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y SOLDADORES

### 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Los **MATERIALES** utilizados en la fabricación de los equipamientos poseen **PROPIEDADES MECÁNICAS** conocidas, cuyos valores son aplicados en el **DISEÑO** de los mismos.

Cuando la fabricación es realizada por soldadura, es necesario garantizar que la unión resista al menos de la misma forma que los materiales originales empleados.

En consecuencia, el proyectista necesita conocer cuales son las **PROPIEDADES MECÁNICAS** que tendrá la unión resultante.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Debido a los **EFFECTOS TÉRMICOS**, no es suficiente conocer en forma aislada las propiedades del metal de base y del metal de aporte, sino que debe saberse el **COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO metal base-ZAC-metal de soldadura**.

Esto se realiza a través de la **CALIFICACIÓN** de un **PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**.

En consecuencia, el fabricante debe **DEMOSTRAR** que la EPS (“WPS”) cumple los requisitos exigidos por el diseño, por lo que antes de la ejecución de las soldaduras de producción se deben **PREPARAR** y **CALIFICAR** las **EPS’s (“WPS’s”)** que serán adoptados para su realización.

De esta forma, se puede afirmar que mediante la aplicación de las **EPS’s (“WPS’s”)** propuestas, se pueden obtener soldaduras adecuadas, de acuerdo con los requisitos mecánicos establecidos.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

La **CALIFICACIÓN** incluye un conjunto de actividades mediante las cuales una **EPS (“WPS”)** determinada **DEMUESTRA** ser adecuada para producir juntas con propiedades satisfactorias.

A estos efectos se deben preparar **CUPONES**, que se soldarán manteniendo los valores de las variables propuestos en la **EPS (“WPS”)**.

Una **EPS (“WPS”)** será válida solamente dentro de ciertos límites especificados por el Código de referencia (materiales de base y de aporte, espesores, etc.)



**DEBO CONOCER EL CÓDIGO DE REFERENCIA!**

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Se obtendrán **CUERPOS DE PRUEBA** a partir de los **CUPONES** soldados, los cuales se prepararán de acuerdo a lo indicado en el Código, Norma, Estándar o Contrato aprobado, y luego se ensayarán. Los resultados obtenidos en estos ensayos **DEBEN SATISFACER LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN** establecidos en la documentación mencionada.

La **EPS (“WPS”)** sometida a calificación debe ser **APROBADA** o **RECHAZADA**.

En este último caso, se podrá modificar valores de variables e intentar calificarla nuevamente.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

El **TIPO** y **CANTIDAD de ENSAYOS** que serán realizados en la **CALIFICACIÓN de un PROCEDIMIENTO**, así como las **DIMENSIONES y POSICIONES** de los cuerpos de prueba, dependen del Código o Norma considerada.

Entre los **ENSAYOS** que pueden requerirse, podemos citar:

- Ensayo de PLEGADO (DOBLADO GUIADO).
- Ensayo de TRACCIÓN.
- Ensayo de IMPACTO.
- Ensayo de DUREZA.
- MACROGRAFÍA.
- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.
- ENSAYOS DE CORROSIÓN.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

**LAS EPS (“WPS”) ESTABLECEN LAS DIRECTIVAS QUE DEBEN SER SEGUIDAS POR EL SOLDADOR/OPERADOR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS SOLDADURAS, ASÍ COMO LOS LÍMITES PERMITIDOS EN LAS VARIABLES.**

Una **EPS (“WPS”)** es un documento en el cual se registran los **VALORES ADMITIDOS** de las diversas **VARIABLES** del procedimiento, para ser adoptados por el **SOLDADOR u OPERADOR DE SOLDADURA** durante la ejecución de una junta soldada.

Las **VARIABLES DEL PROCESO** que pueden formar parte de una **EPS (“WPS”)** incluyen por ejemplo: composición química, espesor del/los metal/es de base, proceso/s de soldadura, tipos de consumibles y sus características, posición de soldadura, temperatura de pre-calentamiento y entre pases, corriente, tensión, velocidad de soldadura, aporte térmico, etc.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Usualmente se pueden emplear dos criterios diferentes para la elaboración de una **EPS (“WPS”)**:

1. Un documento **GENERAL**, **AMPLIO**, que aplica a todas las soldaduras de un tipo dado. Esto le brinda al fabricante la **FLEXIBILIDAD** de soldar un gran número de metales base y aportes con la misma **EPS (“WPS”)**, **en tanto los valores de las variables se mantengan dentro de los límites establecidos por el Código.**
2. Un documento más **DETALLADO**, que brinda **INFORMACIÓN MÁS PRECISA** sobre las variables, pero que requiere realizar revisiones en cada situación particular. Muchas veces son requeridos por compradores que desean datos específicos.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

**AMBOS TIPOS DE EPS (“WPS”) ESTÁN DE ACUERDO AL CÓDIGO DE REFERENCIA**, solo que en el segundo caso, se proporciona información más detallada para su ejecución.

Además, ambos tipos puede ser **COMBINADOS** de varias formas, con notas o agregados que indiquen detalles precisos para puntos específicos, en adición a la especificación más genérica.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Entre las recomendaciones que brinden información sobre temas puntuales, complementando la especificación más genérica, podemos citar:

### 1. **Preparación del metal base**

Los bordes o superficies de las piezas a unir por soldadura, deberán estar libres de óxido, aceite, grasa, pintura u otros contaminantes en una faja de al menos 20 mm a cada lado de la junta.

En caso que las piezas tengan una preparación con chaflán realizado por proceso oxicorte, deberán eliminarse los residuos de carbono mediante amolado con disco abrasivo.

### 2. **Juntas**

El detalle de las juntas a emplear debe estar de acuerdo con el WPS que se utilizará.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

### 3. **Materiales de Aporte**

Deberán utilizarse los consumibles indicados en el WPS aplicable, los cuales deberán cumplir los recaudos establecidos en los documentos correspondientes.

### 4. **Condiciones ambientales**

La soldadura no deberá ejecutarse cuando las superficies estén húmedas o a una temperatura inferior a aprox. 5°C. En tal caso, la zona debe ser precalentadas a un valor del orden de 50°C.

### 5. **Técnica de soldadura**

El arco eléctrico deberá abrirse dentro del chaflán de la junta.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

### 5. **Técnica de soldadura**

Por otra parte, las soldaduras provisionarias (“tack-welds”) utilizadas para mantener la alineación de las piezas a unir, deben ser totalmente removidas luego de cumplida su finalidad o bien ser incorporadas en forma adecuada a la soldadura final.

Es importante destacar que estas soldaduras provisionarias, también deben ser realizadas por soldadores calificados.

Deberá cuidarse que los dispositivos auxiliares de montaje no sean removidos por impacto (se podrían producir “arranques” de metal base, que habrá que rellenar) y la zona deberá ser inspeccionada visualmente para ver que no existan defectos. En algunos casos es recomendable realizar algún END superficial para verificar la sanidad del área.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Como los **OBJETIVOS** de la calificación son prácticamente los mismos en todos los códigos, normas y regulaciones, una EPS (“WPS”) realizada de acuerdo con un estándar puede ser aceptada para su implementación bajo otro estándar, en tanto los resultados de los ensayos de calificación cumplan los requerimientos de este último.

En varios códigos y normas se establece explícitamente, que **POR ACUERDO** entre los representantes del fabricante y del comprador, podrán utilizarse EPS’s (“WPS’s”) calificadas bajo un código o estándar distinto al de referencia para ese proyecto.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

**IMPORTANTE:** Durante la fabricación, deberán respetarse los límites de los valores de las variables indicados en la EPS (“WPS”).

**“NO HAY PROBLEMA, IGUAL LE HAGO END A LA PIEZA Y ME ASEGURO QUE NO TENGA DEFECTOS”**

**¿ES ASI?**



Para lograr el control de las variables deberán realizarse **INSPECCIONES PERIÓDICAS** para verificar que efectivamente se esté cumpliendo lo establecido en el documento.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

Dependiendo del trabajo a ejecutar, puede ser necesario calificar un gran número de juntas soldadas.

En estas condiciones, el proceso de calificación podrá tener un costo elevado y demandar tiempos de ejecución prolongados.

Por estas razones, es recomendable emplear, si resulta posible de acuerdo al código de referencia, los llamados **PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA PRE-CALIFICADOS**.

Estos son **PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA** que han sido desarrollados a partir de la experiencia y familiaridad con ciertos metales base y consumibles, y que hayan probado la adecuación a una situación específica, a través de trabajos previamente ejecutados durante lapsos prolongados.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

En algunos casos, los Códigos incorporan este tipo de procedimientos.

En particular, el Código ASME los considera en el **Artículo V Sección IX ASME: SWPS's.**

También el **Código AWS D1.1** (“Structural Welding Code”) permite el uso de WPS'S precalificados (no requieren pruebas de calificación antes de utilizarlos).

En el caso de AWS D1.1, en el Capítulo 5 se muestran todos estos procedimientos precalificados y para su aplicación se requiere el cumplimiento de todos los requisitos que allí se detallan.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS – “WPS”)

En resumen, de acuerdo a lo visto anteriormente, los pasos a seguir para desarrollar un Procedimiento de Soldadura son los siguientes:

1. Revisar información y planificar las actividades (ver antecedentes, bibliografía, preparar el material del cupón, tener el aporte, instrumentos de control calibrados, etc.
2. Escribir un “pre-procedimiento”, definiendo los valores de las variables a utilizar en la soldadura del cupón de calificación.
3. Ejecutar la soldadura del cupón.
4. Extracción y preparación de las probetas para ensayos.
5. Ejecutar los ensayos.
6. Evaluar los resultados de los ensayos según los criterios de aceptación definidos.
7. Si los resultados son satisfactorios, aprobar el procedimiento y preparar la documentación (EPS - “WPS”).

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.2. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (RCP – “PQR”)

Hasta ahora hemos comentado los aspectos referidos a las EPS (“WPS”).

En el RCP (“PQR”) se registran los valores de los parámetros utilizados al soldar el CUPÓN (es una “foto” de lo que se hizo al soldar el CUPÓN, en cuanto a material de base, preparación de junta, material de aporte, etc.).

En el REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (RCP – “PQR”), se incluyen además los RESULTADOS de los ensayos realizados.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.2. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (RCP – “PQR”)

El **RCP (“PQR”)** debe ser referido en la **EPS (“WPS”)**, sirviendo como un **RESPALDO OBJETIVO** que comprueba la adecuación a los criterios de aceptación establecidos.

Los **ORIGINALES** de la **EPS (“WPS”)** y del **RCP (“PQR”)** y los **Certificados de Ensayos** deben **ARCHIVARSE**.

**Cliente:** “necesito tener los procedimientos de soldadura que van a utilizar”.

**Fabricante:** ¿que debería suministrar?



Deben enviarse **COPIAS** de la **EPS (“WPS”)** ya calificada al sector de Producción, estando disponibles en el puesto de trabajo donde se ejecutarán las juntas correspondientes a la **EPS (“WPS”)**.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.3. CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA

Los requisitos de **RESISTENCIA MECÁNICA** establecidos por los proyectistas para las uniones soldadas consideran la existencia de **DISCONTINUIDADES** en cantidad, tipo y dimensiones **ACEPTABLES** por el código de referencia, de modo que no lleguen a configurar un **DEFECTO**.

La **CALIDAD** de las soldaduras depende, entre otros factores, de la **HABILIDAD** con que el elemento humano las ejecute, y por lo tanto, antes que el **SOLDADOR u OPERADOR DE SOLDADURA** realicen uniones en producción se debe tener una **COMPROBACIÓN** de su destreza.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.3. CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA

De manera que para las diversas aplicaciones, el **SOLDADOR** u **OPERADOR DE SOLDADURA** necesita **DEMOSTRAR**, antes de poder realizar una soldadura de producción, que posee la habilidad necesaria para ejecutar ese trabajo.

Para esto, el **SOLDADOR** u **OPERADOR** deberá soldar **CUERPOS DE PRUEBA** específicos, bajo condiciones pre-establecidas y basadas en una **EPS (“WPS”)** calificada.

Luego de completada la soldadura, la pieza de test se somete a **ENSAYOS** y **EXÁMENES** que **DETERMINAN** si se atienden los requisitos de calidad establecidos en la norma aplicable.

En otras palabras, necesita ser **CALIFICADO** de acuerdo con los requisitos del Código o Norma aplicable.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.3. CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA

La **CALIFICACIÓN** de un **SOLDADOR** demuestra su habilidad para **PRODUCIR SOLDADURAS** aceptables de acuerdo con una **EPS (“WPS”)**.

La **CALIFICACIÓN** de un **OPERADOR DE SOLDADURA** demuestra su habilidad para **OPERAR UN EQUIPO** de soldadura de acuerdo con una **EPS (“WPS”)**.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.3. CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA

Los **ENSAYOS DE CALIFICACIÓN** no garantizan la aceptabilidad de las soldaduras durante la fabricación, pero al menos permiten evaluar cuando un individuo tiene el **MÍNIMO DE HABILIDAD REQUERIDO** para realizar **SOLDADURAS SANAS**.

Es importante entender que una **CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA NO PUEDE PREDECIR SU DESEMPEÑO** en una soldadura de producción en particular.

Por esta razón, **NO SE PUEDE DEPOSITAR CONFIANZA ABSOLUTA** en los ensayos de calificación, en cuanto a los resultados futuros de soldaduras realizadas por un individuo calificado.

En base a la afirmación anterior, la calidad de las soldaduras de producción debe ser complementada por medio de un **PROCESO DE INSPECCIÓN**, que se desarrolla **ANTES, DURANTE y DESPUÉS** de ejecutada la unión.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.3. CALIFICACIÓN DE SOLDADOR U OPERADOR DE SOLDADURA

Según la Sección IX del CÓDIGO ASME las VARIABLES que determinan la CALIFICACIÓN de un SOLDADOR son:

- Proceso de soldadura.
- Tipo de junta.
- Posición de soldadura.
- Tipo de electrodo.
- Espesor de la junta.
- Situación de la raíz.

Los ensayos comúnmente empleados en la calificación de un SOLDADOR u OPERADOR incluyen: INSPECCIÓN VISUAL de la junta, ENSAYO DE PLEGADO (DOBLADO GUIADO), RADIOGRAFÍA y eventualmente ensayos prácticos de MACROGRAFÍA y FRACTURA.



# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.4. REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (RCS – “WPQ”)

Los **RESULTADOS** de los **ENSAYOS DE CALIFICACIÓN del SOLDADOR** se **REGISTRAN** en un documento llamado **REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR (RCS – “WPQ”)**.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.5. VALIDEZ DE LAS CALIFICACIONES

### 3.5.1. VALIDEZ DE LOS EPS – “WPS”

El estándar de acuerdo al cual se fabrica un producto, identifica plenamente cuales de las variables que aparecen en una EPS (“WPS”) son VARIABLES DE CALIFICACIÓN (en algunos casos llamadas VARIABLES ESENCIALES).

Si los valores de alguna de estas VARIABLES DE CALIFICACIÓN se modifican más allá de los límites especificados, la EPS (“WPS”) debe ser RE-CALIFICADA.

Después de esta re-calificación, se debe preparar y emitir una nueva EPS (“WPS”).

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.5.1. VALIDEZ DE LOS EPS – “WPS”

Los valores de las variables de una EPS (“WPS”) que no sean las de CALIFICACIÓN, normalmente denominadas como NO ESENCIALES, pueden ser modificados SIN NECESIDAD DE HACER UNA NUEVA CALIFICACIÓN.

No obstante, todo cambio en el valor de cualquiera de estas otras variables requiere una REVISIÓN de la EPS (“WPS”) previo a su utilización en producción, pues en general se establece que el documento debe incluir TODAS LAS VARIABLES (ESENCIALES y NO ESENCIALES) del procedimiento.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 3.5.2 VALIDEZ DE LOS RCS – “WPQ”

La CALIFICACIÓN de un SOLDADOR u OPERADOR DE SOLDADURA permanece VIGENTE por un cierto LAPSO, para las condiciones en las cuales fue calificado.

También en este caso, se maneja el concepto de VARIABLE DE CALIFICACIÓN (VARIABLE ESENCIAL), con un alcance análogo al de una EPS (“WPS”): un individuo debe ser RE-CALIFICADO si los valores de alguna de estas variables a aplicar en una soldadura de producción exceden los límites de la calificación.

Por otra parte, si el individuo permaneciera sin soldar durante un TIEMPO MAYOR AL MÁXIMO ADMITIDO por la NORMA, el SOLDADOR u OPERADOR DE SOLDADURA deberá ser RE-CALIFICADO para futuros trabajos. (en general se considera como límite un lapso de 6 meses de inactividad).

# Normas y Calificación en Soldadura

## 4. SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD EN SOLDADURA

Las **CALIFICACIONES** de **PROCEDIMIENTO** de soldadura y de **SOLDADOR** (u **OPERADOR**) forman parte del **SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD EN SOLDADURA**.

Este **CONTROL** engloba otras actividades que presentan mayor o menor complejidad dependiendo de cada Empresa, sus objetivos y Clientes.

En general, pueden ser consideradas **3 ETAPAS**:

- **CONTROL PREVIO** a la soldadura: abarca el control de recepción de materiales (metal base y consumibles), calificaciones de procedimiento y de soldadores, calibración y mantenimiento de equipos de soldadura y auxiliares, control de la preparación de junta, entre otras tareas.

# Normas y Calificación en Soldadura

## 4. SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD EN SOLDADURA

- **CONTROL DURANTE** la soldadura: incluye el control de la de la ejecución de las soldaduras de acuerdo a los procedimientos, la verificación de que los soldadores aplicados en la tarea estén calificados, entre otras.
- **CONTROL POSTERIOR** a la soldadura: puede ser realizado a través de inspecciones no destructivas y de ensayos destructivos de componentes seleccionados por muestreo o de cuerpos de prueba soldados conjuntamente con las piezas.

# Bibliografía

- Section IX: ASME Boiler and Pressure Vessel Code.
- AWS – Welding Handbook 9 th Edition.
- ASM – Metals Handbook – Volume 6: Welding, Brazing and Soldering.
- MARQUES, P.V., et al. Soldagem – Fundamentos e Tecnologia, Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, 362 p.
- J,L. OTEGUI; E. RUBERTIS - Cañerías y Recipientes a Presión - EUDEM (Editorial Univ. Mar del Plata)Mar del Plata; Año: 2008 p. 611.

# ¡Muchas gracias!

