

# LA SOLDADURA EN LA CONSTRUCCION METALICA



Presentado por:  
Gabriel Orlando Porras Arévalo  
Ing. Metalúrgico y CWI de la AWS

## Objetivo

Sensibilizar el gerenciamiento de la calidad en proyectos de estructura metálica, importancia en todas las etapas del proyecto desde la concepción hasta el cierre.



**EQUIPOS SOMETIDOS A PRESION**

**CALDERAS**  
 Diseño : ASME SECC. I-II-IV  
 Soldadura y END: ASME SECC. IX -V

**RECIPIENTES A PRESION**  
 Diseño : ASME SECC. II, VIII DIV. 1 y 2  
 Soldadura y END: ASME SECC. IX -V

**INTERCAMBIADORES DE CALOR**  
 Diseño : T.E.M.A., ASME SECC. II, VIII DIV. 1  
 Soldadura y END: ASME SECC. IX -V

**TUBERIAS**

**BARCOS**  
 Diseño : A.B.S., ASME SECC. VIII DIV.1  
 ANSII/AWS D 3.5  
 Soldadura y END: ASME SECC. IX -V, ABS

**TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

**ALMACENAMIENTO DE PETROLEO Y DERIVADOS**  
 Diseño : API 650 - 620 - 12D - 12F  
 Soldadura y END: ASME SECC. IX -V, API 650, 620

**AGUA**  
 Diseño : AWWA D-100  
 Soldadura y END: ASME SECC. IX -V - AWWA

TIPO	DISENO	SOLDADURA END
VAPOR	ASME B 31.1 ASME SECC. II	ASME SECC IX y V
REFINERIAS Y PLANTAS QUIMICAS	ASME B 31.3 ASME SECC. II API 5L	ASME SECC IX y V ASME B31.3
TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y DERIVADOS	ASME B 31.4 ASME SECC. II API 5L	ASME SECC IX y V API 1104
TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE GAS	ASME B 31.8 ASME SECC. II API 5L	ASME SECC IX y V API 1104
SISTEMAS DE REFRIGERACION	ASME B 31.5 ASME SECC. II	ASME SECC IX y V
TRANSPORTE DE AGUA POTABLE	AWWA D-200 AWWA D 206	ASME SECC IX ANSI/AWS D1.1

**ESTRUCTURAS**

**ESTRUCTURAS ESTATICAS**  
 Diseño : ANSII/AWS D 1.1 A.I.S.C  
 Soldadura y END: ANSII/AWS D 1.1

**ESTRUCTURAS DE ALUMINIO**  
 Diseño : ANSII/AWS D 1.2  
 Soldadura y END: ANSII/AWS D 1.2

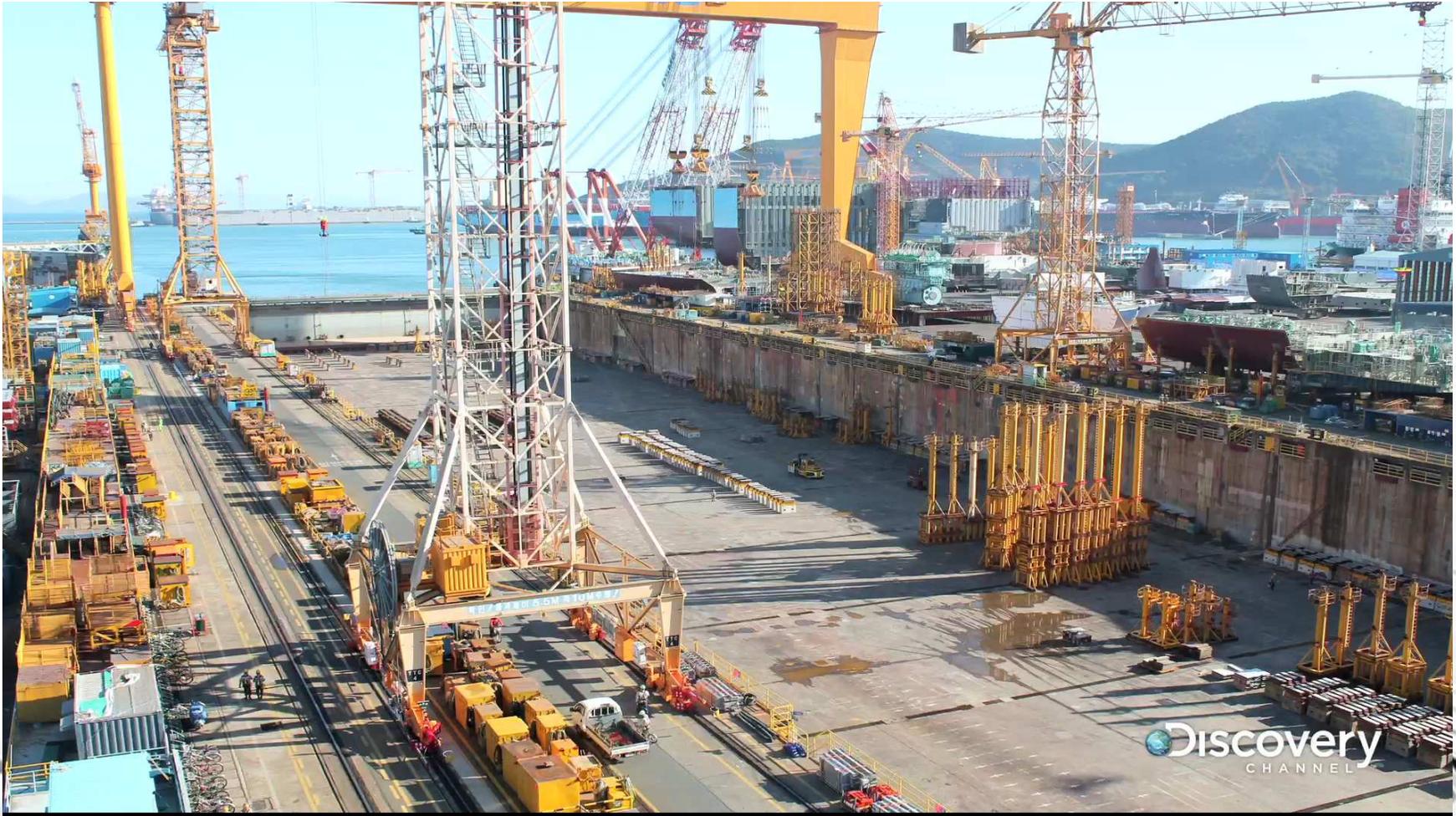
**LAMINAS Y PLATINAS DE ACERO CON ESFUERZO DE FLUENCIA NO MAYOR A 80.000 PSI (galvanizadas o no)**  
 Diseño : ANSII/AWS D 1.3, A.I.S.C.  
 Soldadura y END: ANSII/AWS D 1.3

**ACEROS DE REFUERZO**  
 Diseño : ANSII/AWS D 1.4  
 Soldadura y END: ANSII/AWS D 1.4

**ESTRUCTURAS DE PUENTES**  
 Diseño : ANSII/AWS D 1.5, AASHTO, AISC  
 Soldadura y END: ANSII/AWS D 1.5

**ESTRUCTURAS DE PUENTE GRUAS**  
 Diseño : ANSII/AWS D 14.1  
 Soldadura y END: ANSII/AWS D 14.1

# Gerenciamiento de la Calidad



**Tabla 3-1. Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos**

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
<b>4. Gestión de la Integración del Proyecto</b>	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
<b>5. Gestión del Alcance del Proyecto</b>		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
<b>6. Gestión del Tiempo del Proyecto</b>		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	

- Tomado del
- PMBOK

<b>7. Gestión de los Costes del Proyecto</b>		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
<b>8. Gestión de la Calidad del Proyecto</b>		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
<b>9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</b>		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
<b>10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto</b>		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
<b>11. Gestión de los Riesgos del Proyecto</b>		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
<b>12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</b>		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
<b>13. Gestión de los Interesados del Proyecto</b>	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

# INICIO DEL PROYECTO



## Maersk Line firmó un contrato de \$ 1.9 bn con DSME

- La clase Triple-E es una versión mejorada
- El Buque requería mejorar la capacidad contenedores adicionales.
- El buque de 165,000 ton tiene una longitud de 400m, 59m y el tiro es 15.5m. La altura sobre la línea de base es de 73 metros, un metro más que el barco más alto, Los velocidad máxima de 23k.
- Los recipientes más eficientes energéticamente. La huella de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) al emitir un 20% menos de  $\text{CO}_2$ , Reduce el consumo de combustible y las emisiones de  $\text{CO}_2$  en aproximadamente un 9%.
- Producción energía mecánica en turbinas apartir de la recuperación de calor residual

# RIESGOS DEL PROYECTO



# Eficiencia Económica



## Diseños Sofisticados



**Como  
obtener  
estructuras  
metálicas  
de calidad ?**













The background of the slide features a blurred, high-angle view of a modern building's exterior. It shows a complex network of white metal beams and structural elements, with a large window on the right side. The overall aesthetic is clean and architectural.

**Como se logra la construcción y montaje de una estructura metálica de calidad ?**

# Proceso Constructivo

## 1. Taller, f (diseños estructurales, Planos de taller, plan de inspección)

Plantillaje

Preparación, enderezado y conformación

Marcado de ejecución

Cortes y perforaciones

Armado y soldadura

Preparación de superficies y pintura

Marcado e identificación de elementos

## 2. Montaje en Obra

Procedimientos aterrizados a la obra

Recursos, Supervisión, Maquinaria adecuada.



# **NORMAS Y CODIGOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS**

# Estructuras de Acero Estructural

**Diseño:**  
**AWS D1.1/D1.1M**  
**23rd Edition, 2015**  
Structural Welding Code – Steel  
Criterios Aceptacion  
ensayos no Destructivos y Soldadura

**AWS D1.1/D1.1M:2015**  
An American National Standard

## Structural Welding Code— Steel



*second printing, March 2016*

# Estructuras de Aluminio

**AWS D1.2/D1.2M**  
6th Edition, 2014  
Structural Welding Code' Aluminum  
Criterios Aceptacion  
ensayos no Destructivos y Soldadura



# Laminas y Platinas de Acero con esfuerzo de fluencia no mayor a 80000 PSI (galv. o no)

**Diseño:**

**Diseño:**

**ANSI/AWS D1.3 A.I.S.C**

**23rd Edition, 2015**

Structural Welding Code – Sheet Steel

Criterios Aceptacion

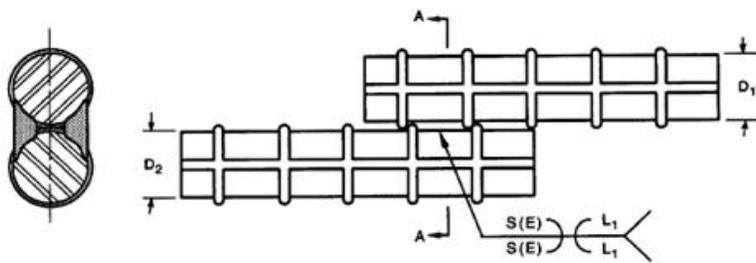
ensayos no Destructivos y Soldadura

AWS D1.3/D1.3M:2018  
An American National Standard

**Structural  
Welding Code—  
Sheet Steel**



# Aceros de Refuerzo



## AWS D1.4/D1.4M

8th Edition, January 1, 2018

Structural Welding Code - Steel Reinforcing Bars

Crterios Aceptacion

ensayos no Destructivos y Soldadura

AWS D1.4/D1.4M:2018  
An American National Standard

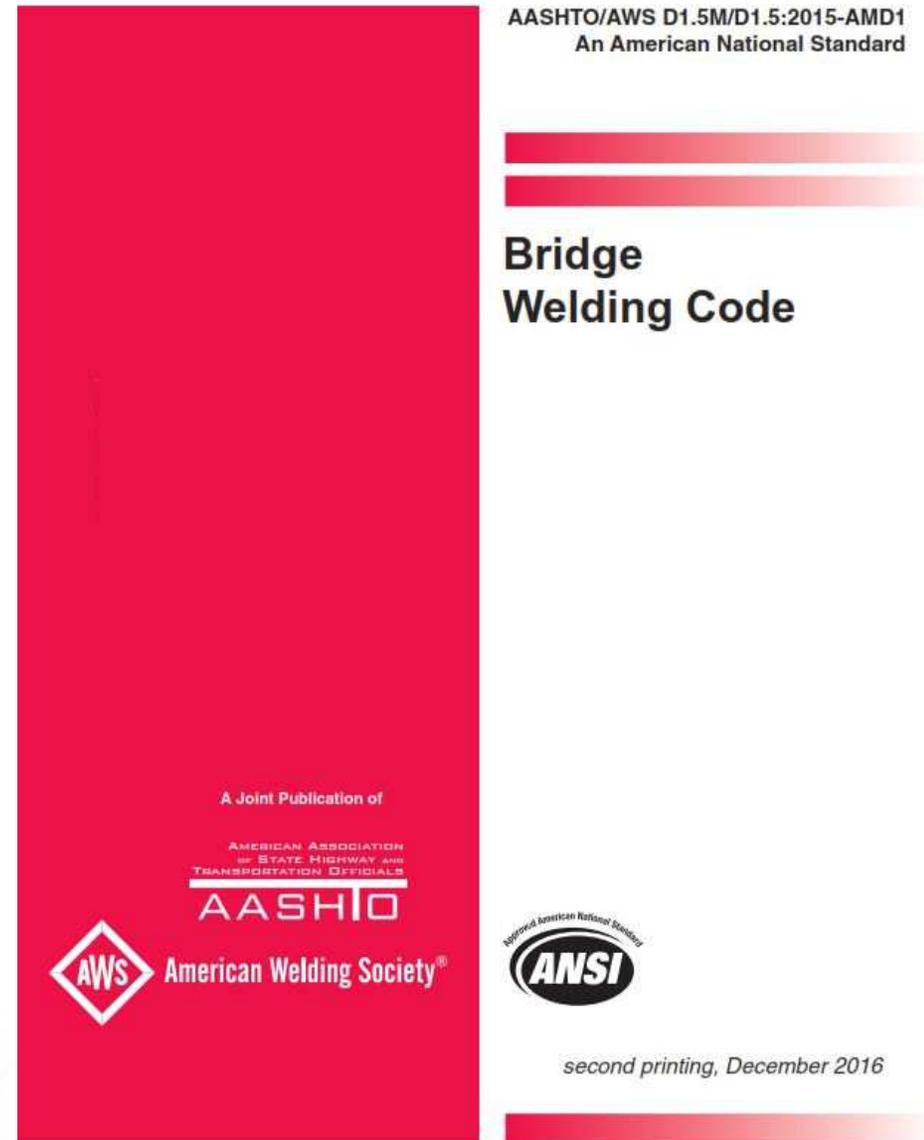
Structural  
Welding Code—  
Steel  
Reinforcing Bars





# Estructuras para Puentes

**AASHTO/AWS D1.5M/D1.5**  
7th Edition, December 12, 2016  
BRIDGE WELDING CODE  
Criterios Aceptacion  
ensayos no Destructivos y Soldadura



# ¿POR QUÉ UTILIZAR UN CÓDIGO DE SOLDADURA?

- Calidad
- Favorece la economía del proyecto
- Instrucciones estandarizadas
- Criterios de aceptación
- Califica el wps y al personal
- Orden de compra o contrato

# FILOSOFIA DE LOS CODIGOS

- Código ASME

American Society of Mechanical Engineers

Origen: Finales del siglo XIX

Fundación: 1880

Motivo: Debido a la gran cantidad de desastres que se ocasionaban a falta de un estándar para la fabricación, montaje e inspección de diferentes productos

Logo:



- AWS

American Welding Society

Orígenes: 1era Guerra Mundial

Fundación: Año 1919

Motivo: La alta demanda de productos militares con tiempos de producción rápidos

Logo:





# **INGENIERIA DE LA SOLDADURA**

# Inspección de Construcciones Soldadas AWS

## Inspector CWI (Certified Welding Inspector)

la última caracterización del sector de la metalmecánica y soldadura.

OCPE 32 Inspectores en soldadura CWI, de los cuales 8 son extranjeros y de los restantes su mayoría son funcionarios públicos del SENA, Ecopetrol, Cotecmar y UTP quedando solo 8 CWI en el sector privado. Asimismo cerca de 50 inspectores asociados CAWI



# Responsabilidades del Inspector de soldadura

Inspección  
Previa a la  
aplicación del  
cordón de  
soldadura

Planos,  
normas  
y  
especificaciones

Revisión  
compra y  
recepción de  
materiales

Procedimientos  
de soldadura  
y calificaciones  
de soldadores  
y operarios

Equipos  
de  
soldadura

Limpieza,  
geometría  
y arreglo  
de la junta.

Temperatura  
de  
precalentamiento

**ESPECIFICACION:** Descripción detallada de las diferentes partes de un todo, la exposición o enumeración de sus características particulares tales como tamaño requerido, calidad, desempeño esperado, definiciones y términos obligatorios de las partes, Ejem: Especificaciones AWS A5.1 a A5.31 para materiales de aporte de soldadura.

**CODIGO:** Conjunto de leyes, nacionales, locales, de un grupo de industrias, etc. Arreglados sistemáticamente para facilitar su uso y referencia rápida. (ASME Sección IX, AWS D1.1).

## PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

1. **WPS:** Especificación del procedimiento de soldadura (welding procedure specification)
2. **PQR:** Registro de la calificación del procedimiento (procedure qualification record)
3. **WPQ:** Calificación de la habilidad del soldador u operario (Welder performance qualification-wpqq)

## ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Documento preparado por un departamento técnico o de ingeniería de la empresa para dar instrucciones precisas al personal que ejecuta y al que inspecciona las soldaduras.

## ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

El propósito de una WPS es definir y documentar todos los detalles que se deben tener en cuenta al soldar materiales o partes específicas.

## CONTENIDO DE UNA WPS

1. Todas las variables esenciales, relativas a cada proceso de soldadura utilizado.
2. Todas las variables no esenciales, relativas a cada proceso de soldadura utilizado.

## CONTENIDO DEL WPS

1. Identificación de la WPS, de la empresa y del responsable de la WPS.
2. Alcance.
3. Identificación de los metales base: Especificación, tipo y/o grado.
4. Proceso (s) de soldadura utilizado (s).
5. Diseño de la juntas, tolerancias y detalles.

# CONTENIDO DEL WPS

6. Tipo, clasificación y composición de los metales de aporte y otros materiales de soldadura. También se pueden incluir las condiciones de almacenamiento de estos materiales.
7. Posiciones en las cuales es aplicable el procedimiento.
8. Pre calentamiento y temperaturas entre pases.

# CONTENIDO DEL WPS

9. PWTH.

10. Tipo y composición de los gases de protección, cuando sea aplicable.

11. Tipo de corriente eléctrica, polaridad y rangos de corriente para los diferentes tipos y tamaños de electrodos o varillas utilizadas.

12. Voltaje y velocidad de avance del arco.

## CONTENIDO DEL WPS

13. Otras características eléctricas (modo de transferencia, velocidad de alimentación del alambre, etc.).
14. Preparación de las juntas y limpieza de las superficies para la soldadura.
15. Puntos de soldadura para armado y ensamble de las partes.

## CONTENIDO DE LA WPS

16. Preparación de la raíz de la soldadura antes de soldar por el otro lado.
17. Entrada de calor a la junta.
18. Otras como: tipo de cordón, boquillas de gas, oscilación, distancia de contacto del electrodo, simple o múltiples pases de soldadura, martillado de las juntas y otros aspectos que se consideren relevantes.

**QW-482 (Back)**

WPS No. \_\_\_\_\_ Rev. \_\_\_\_\_

**POSITIONS (QW-405)**  
 Position(s) of Groove \_\_\_\_\_  
 Welding Progression: Up \_\_\_\_\_ Down \_\_\_\_\_  
 Position(s) of Filler \_\_\_\_\_

**POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)**  
 Temperature Range \_\_\_\_\_  
 Time Range \_\_\_\_\_

**PREHEAT (QW-406)**  
 Preheat Temp. Min. \_\_\_\_\_ Max. \_\_\_\_\_  
 Interpass Temp. Min. \_\_\_\_\_ Max. \_\_\_\_\_  
 Preheat Maintenance \_\_\_\_\_  
 (Continuous or special heating where applicable should be recorded)

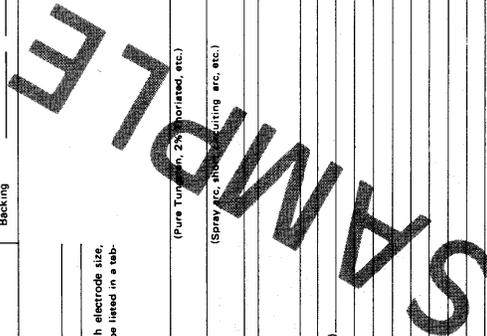
**GAS (QW-408)**  
 Gas(es) \_\_\_\_\_ Percent Composition (Mixture) \_\_\_\_\_  
 Shielding \_\_\_\_\_ Flow Rate \_\_\_\_\_  
 Trailing \_\_\_\_\_  
 Backing \_\_\_\_\_

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)**  
 Current AC or DC \_\_\_\_\_ Polarity \_\_\_\_\_  
 Amperage (Range) \_\_\_\_\_ Volts (Range) \_\_\_\_\_  
 (Amps and volts range should be recorded for each electrode size, position, and thickness, etc. This information may be listed in a tabular form similar to that shown below.)

Tungsten Electrode Size and Type \_\_\_\_\_  
 (Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)  
 Mode of Metal Transfer for GMAW \_\_\_\_\_  
 (Spray, etc. Hot Chipping, etc.)  
 Electrode Wire feed speed range \_\_\_\_\_

**TECHNIQUE (QW-410)**  
 String or Weave Bead \_\_\_\_\_  
 Orifice or Gas Cup Size \_\_\_\_\_  
 Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) \_\_\_\_\_  
 Method of Back Gauging \_\_\_\_\_  
 Oscillation \_\_\_\_\_  
 Contact Tube to Work Distance \_\_\_\_\_  
 Multiple or Single Pass (per side) \_\_\_\_\_  
 Multiple or Single Electrodes \_\_\_\_\_  
 Travel Speed (Range) \_\_\_\_\_  
 Peening \_\_\_\_\_  
 Other \_\_\_\_\_

Filler Metal \_\_\_\_\_  
 Class \_\_\_\_\_ Dia. \_\_\_\_\_  
 Type Polar. \_\_\_\_\_  
 Amp. Range \_\_\_\_\_  
 Volt Range \_\_\_\_\_  
 Travel Speed Range \_\_\_\_\_  
 Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, Etc.) \_\_\_\_\_

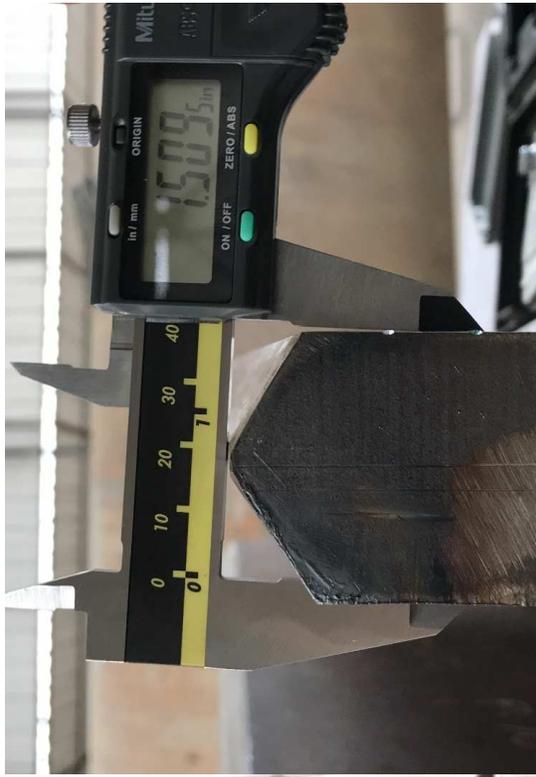
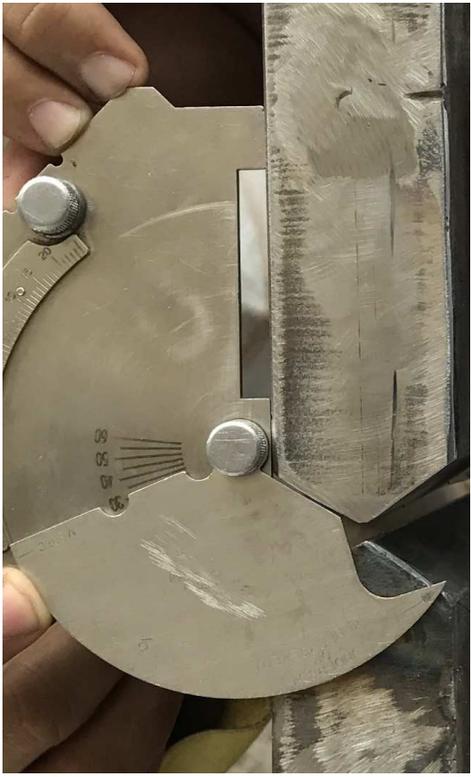
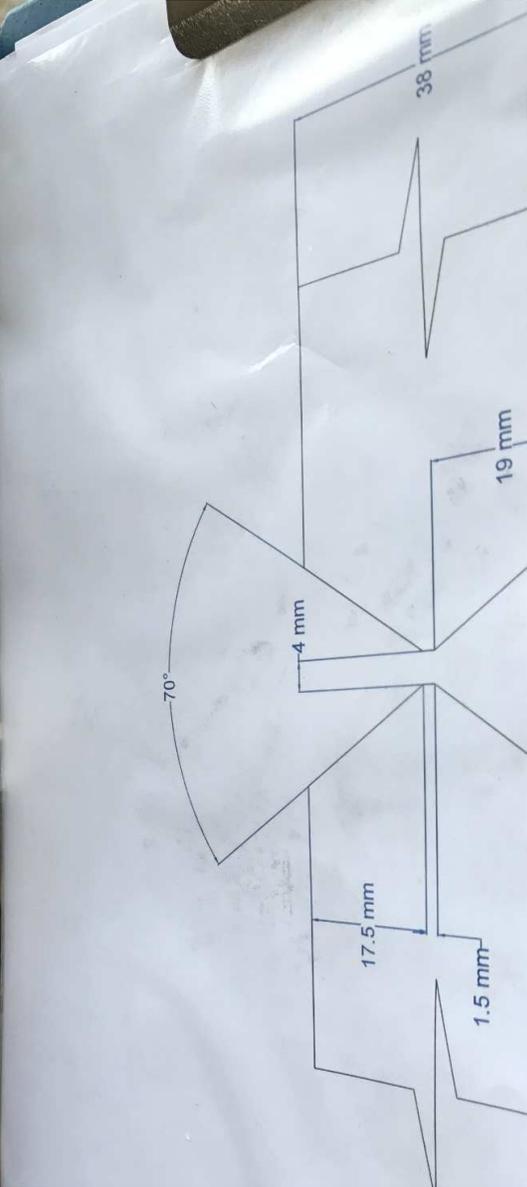


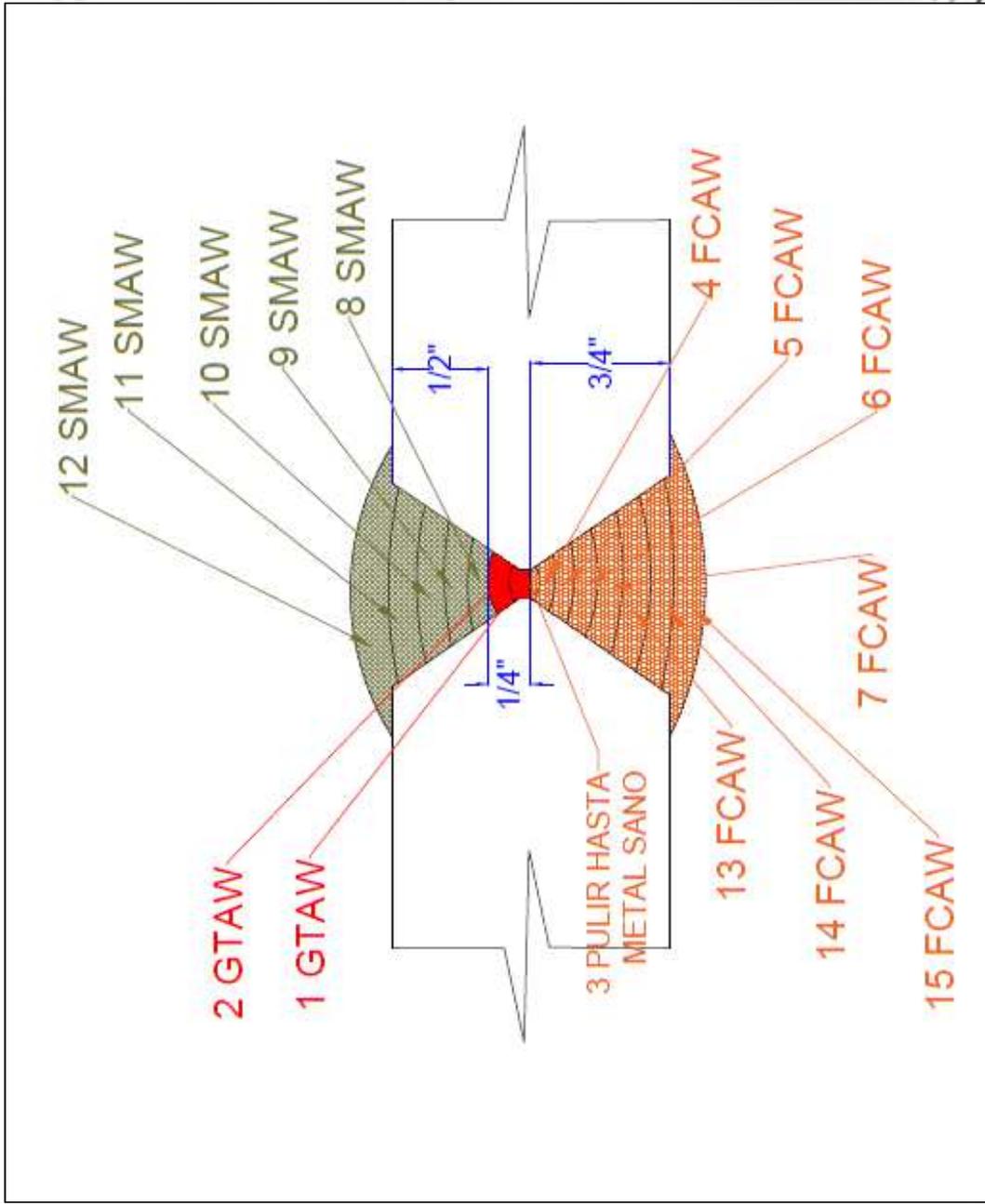
## REGISTRO DE LA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)

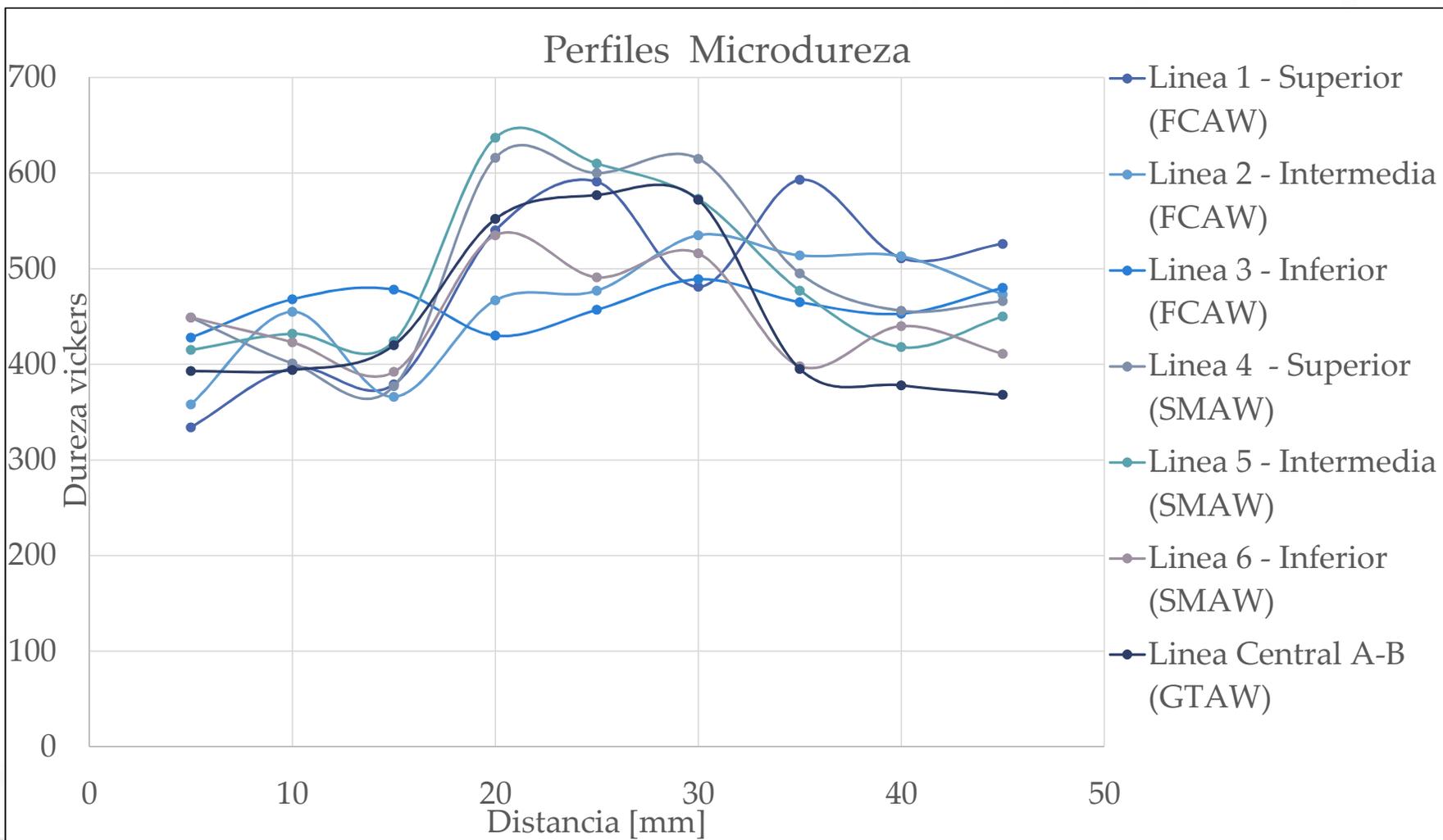
Documento que valida y respalda una wps, en el cual se registran los valores reales de las variables del procedimiento de soldadura usado para ejecutar una calificación en una probeta soldada y los valores de los resultados obtenidos de las pruebas y ensayos efectuados a la misma.

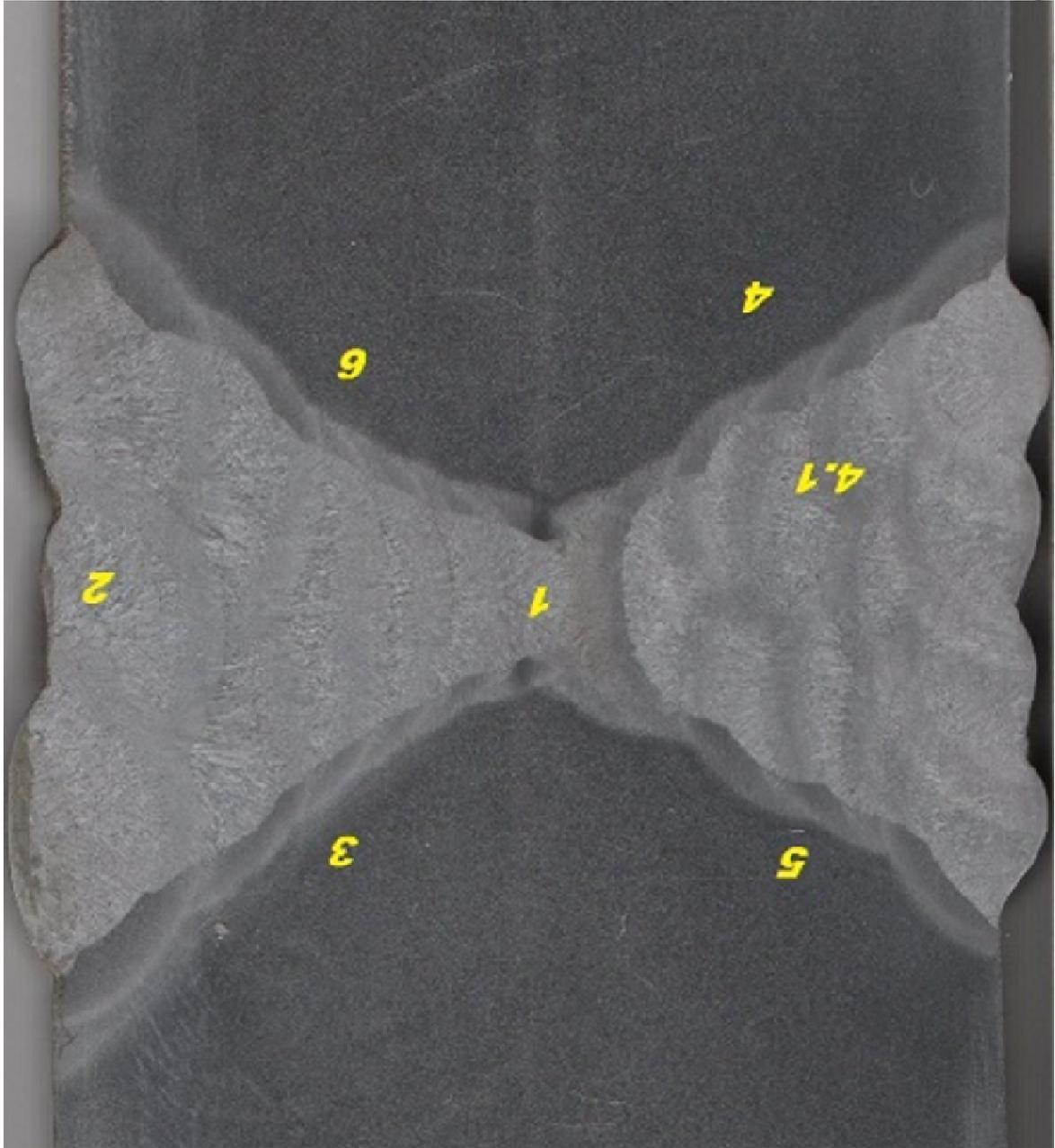
# SECUENCIA DE UNA CALIFICACIÓN

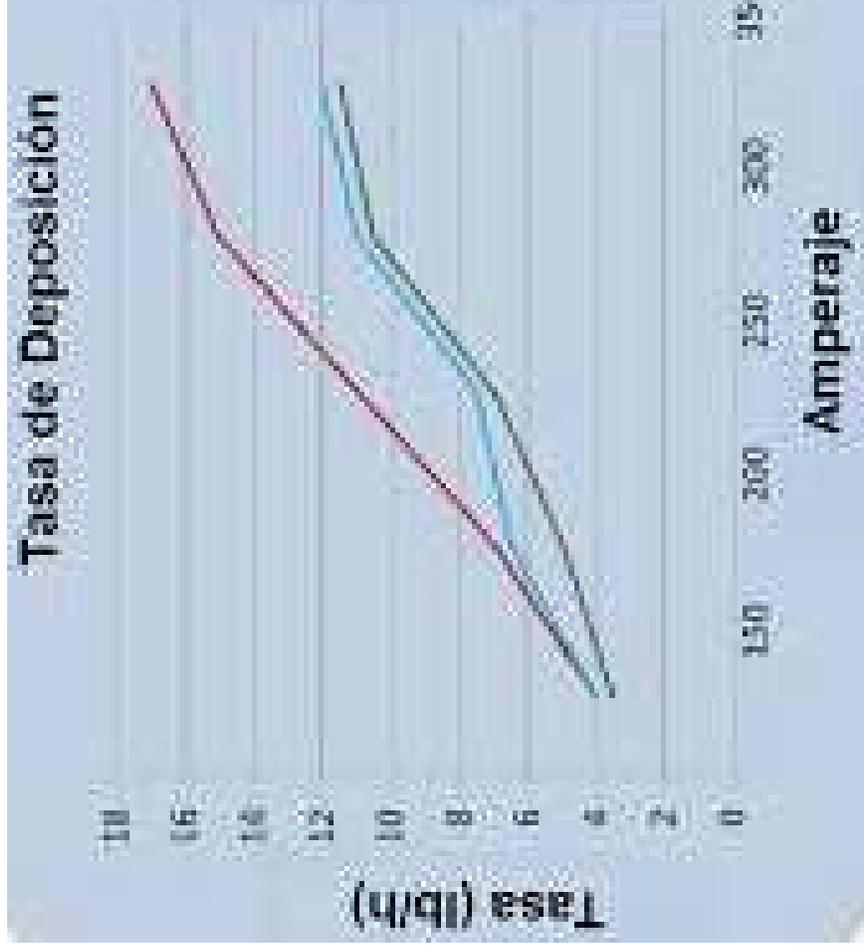
1. WPS
2. Ejecución cupón de prueba
3. Vt (criterios del código)
4. END (cuando se requiera)
5. Ubicación, identificación, rayado y estampe de probetas
6. Extracción y mecanizado de probetas
7. Ejecución de los respectivos ensayos
8. Análisis de resultados (criterios del código)
9. Informe: rechazo o certificaciones (pqr; wpq)













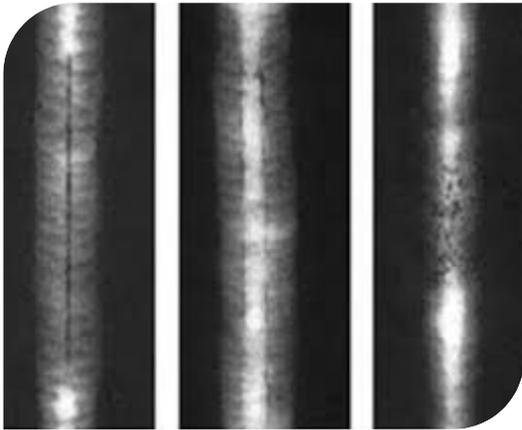
# **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA INSPECCION DE SOLDADURAS**

# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

METODO	PROPIEDADES SENSADAS O MEDIDAS	DISCONTINUIDADES TÍPICAS	APLICACIONES REPRESENTATIVAS	ESTANDAR ASTM SELECCIONADO	VENTAJAS	LIMITACIONES
RADIOGRAFIA X Y GAMMA	Cambios de densidad de vacíos, inclusiones, variaciones del material, ubicaciones de partes internas	Vacíos, Porosidades, Inclusiones y Grietas	Fundiciones, Forjados, Soldaduras, Ensamblajes	E94, E592, E746, E1030, E431, E747, E1032, E801, E1316, E1742	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defectos y discontinuidades internas,</li> <li>Usado en amplia variedad de materiales</li> <li>Ensayo portable</li> <li>Registro permanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo</li> <li>Relativa sensibilidad para defecto delgados y laminares.</li> <li>Riesgo a la salud</li> </ul>
EXAMINACIÓN CON LIQUIDOS PENETRANTES	Aberturas de superficie	Grietas, Porosidades, Traslapes y costuras	Fundiciones, Forjados, Soldaduras, Componentes metálicos y NO metálicos	E165, E1316, E433, E1417	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sencillo</li> <li>Fácil de usar</li> <li>Portable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La discontinuidad debe ser abierta a la superficie</li> <li>Presencia de falsas indicaciones</li> </ul>
EXAMINACIÓN POR PARTICULAS MAGNETICAS	Fuga en el flujo magnético causado por discontinuidades superficiales y sub-superficiales	Grietas superficiales, o sub-superficiales, traslapes, vacíos e inclusiones no metálicos	Productos ferromagnéticos tales como soldaduras, fundiciones, extrucciones, y otras estructuras de acero básicas	E125, E1316, E707, E1444	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estable</li> <li>No es costoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo materiales ferromagnéticos</li> <li>Preparación de la superficie puede ser requerida</li> <li>Presencia de indicaciones falsas</li> </ul>

# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

## EJEMPLOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL



Radiografías de probetas para calificación de soldadores

Detección de defectos en una línea de flujo mediante Radiografía Industrial



Ejemplos de montajes para realizar el ensayo de Radiografía Industrial

# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

METODO	PROPIEDADES SENSADAS O MEDIDAS	DISCONTINUIDADES TÍPICAS	APLICACIONES REPRESENTATIVAS	ESTANDAR ASTM SELECCIONADO	VENTAJAS	LIMITACIONES
RADIOGRAFIA X Y GAMMA	Cambios de densidad de vacíos, inclusiones, variaciones del material, ubicaciones de partes internas	Vacíos, Porosidades, Inclusiones y Grietas	Fundiciones, Forjados, Soldaduras, Ensamblajes	E94, E592, E746, E1030, E431, E747, E1032, E801, E1316, E1742	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defectos y discontinuidades internas,</li> <li>Usado en amplia variedad de materiales</li> <li>Ensayo portable</li> <li>Registro permanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo</li> <li>Relativa sensibilidad para defecto delgados y laminares.</li> <li>Riesgo a la salud</li> </ul>
EXAMINACIÓN CON LIQUIDOS PENETRANTES	Aberturas de superficie	Grietas, Porosidades, Traslapes y costuras	Fundiciones, Forjados, Soldaduras, Componentes metálicos y NO metálicos	E165, E1316, E433, E1417	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sencillo</li> <li>Fácil de usar</li> <li>Portable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La discontinuidad debe ser abierta a la superficie</li> <li>Presencia de falsas indicaciones</li> </ul>
EXAMINACIÓN POR PARTICULAS MAGNETICAS	Fuga en el flujo magnético causado por discontinuidades superficiales y sub-superficiales	Grietas superficiales, o sub-superficiales, traslapes, vacíos e inclusiones no metálicos	Productos ferromagnéticos tales como soldaduras, fundiciones, extrucciones, y otras estructuras de acero básicas	E125, E1316, E707, E1444	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estable</li> <li>No es costoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo materiales ferromagnéticos</li> <li>Preparación de la superficie puede ser requerida</li> <li>Presencia de indicaciones falsas</li> </ul>

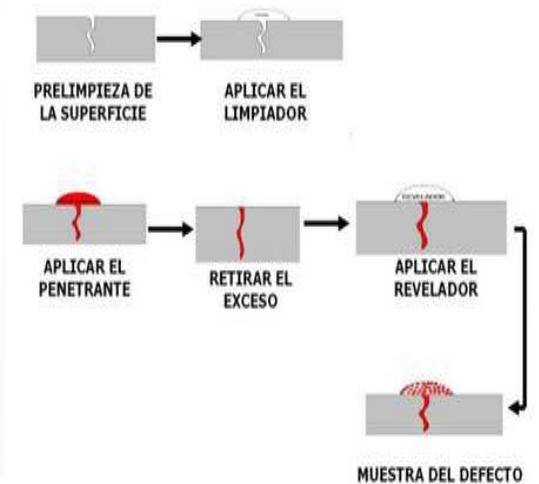
# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

## EJEMPLOS DE EXAMINACIÓN CON TINTAS PENETRANTES



Control de calidad de bridas mediante tintas penetrantes

Inspección de estructuras mediante tintas penetrantes



Funcionamiento de las tintas penetrantes

# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

METODO	PROPIEDADES SENSADAS O MEDIDAS	DISCONTINUIDADES TÍPICAS	APLICACIONES REPRESENTATIVAS	ESTANDAR ASTM SELECCIONADO	VENTAJAS	LIMITACIONES
RADIOGRAFIA X Y GAMMA	Cambios de densidad de vacíos, inclusiones, variaciones del material, ubicaciones de partes internas	Vacíos, Porosidades, Inclusiones y Grietas	Fundiciones, Forjados, Soldaduras, Ensamblajes	E94, E592, E746, E1030, E431, E747, E1032, E801, E1316, E1742	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defectos y discontinuidades internas,</li> <li>Usado en amplia variedad de materiales</li> <li>Ensayo portable</li> <li>Registro permanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo</li> <li>Relativa sensibilidad para defecto delgados y laminares.</li> <li>Riesgo a la salud</li> </ul>
EXAMINACIÓN CON LIQUIDOS PENETRANTES	Aberturas de superficie	Grietas, Porosidades, Traslapes y costuras	Fundiciones, Forjados, Soldaduras, Componentes metálicos y NO metálicos	E165, E1316, E433, E1417	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sencillo</li> <li>Fácil de usar</li> <li>Portable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La discontinuidad debe ser abierta a la superficie</li> <li>Presencia de falsas indicaciones</li> </ul>
EXAMINACIÓN POR PARTICULAS MAGNETICAS	Fuga en el flujo magnético causado por discontinuidades superficiales y sub-superficiales	Grietas superficiales, o sub-superficiales, traslapes, vacíos e inclusiones no metálicos	Productos ferromagnéticos tales como soldaduras, fundiciones, extrucciones, y otras estructuras de acero básicas	E125, E1316, E707, E1444	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estable</li> <li>No es costoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo materiales ferromagnéticos</li> <li>Preparación de la superficie puede ser requerida</li> <li>Presencia de indicaciones falsas</li> </ul>

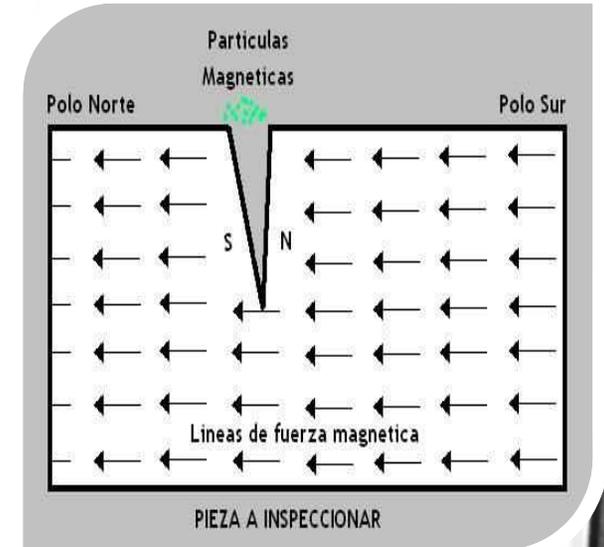
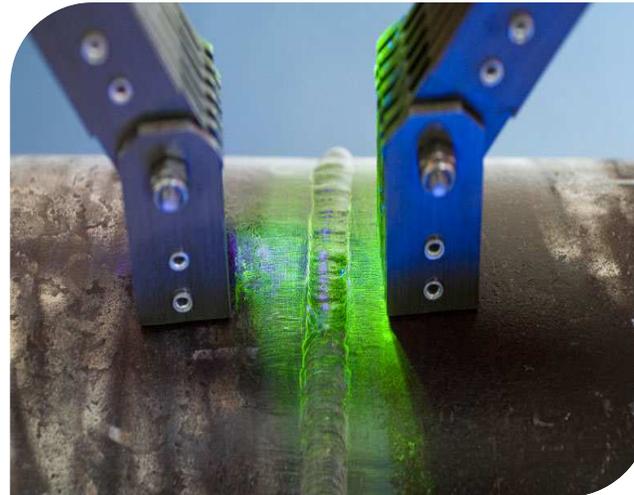
# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

## EJEMPLOS DE EXAMINACIÓN CON PARTICULAS MAGNETICAS

Detección de defectos en tubería mediante el uso de partículas magnéticas fluorescentes



Inspección de probeta soldada mediante partículas magnéticas



Ejemplos de montajes para realizar el ensayo de Radiografía Industrial

# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

METODO	PROPIEDADES SENSADAS O MEDIDAS	DISCONTINUIDADES TÍPICAS	APLICACIONES REPRESENTATIVAS	ESTANDAR ASTM SELECCIONADO	VENTAJAS	LIMITACIONES
EXAMINACIÓN ULTRASONICA	Cambios en impedancia acústica	Grietas, vacíos, porosidad, laminaciones, inclusiones, faltas de penetración y de fusión	Soldaduras, Laminas, Tubos, Fundiciones, Forjados, Extrucciones, Medición de espesores	E273, E587, E114, E317, E664, E127, E428, E787, E164, E494, E213, E1316, E1001, E214, E587	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente penetración</li> <li>• Lectura automática</li> <li>• Buena sensibilidad y resolución</li> <li>• Solo necesita acceso por un lado</li> <li>• Registro permanente si se requiere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere acoplante acústico para la superficie</li> <li>• Estándar de referencia usualmente requerido</li> <li>• Alta dependencia de la habilidad del operador</li> </ul>
EXAMINACIÓN ULTRASONICA B, C Y CB SCAN	Posicionamiento de los ecos en una base de tiempo de llegada de un espectro osciloscopio	Perdidas de espesor de pared, determinación de perfil real del material, detección de corrosión, laminaciones, segregaciones, HIC	Laminas, Tubos, Fundiciones, y en general materiales ferrosos y no ferrosos	E114, E317, E664, E797, E494, E1316	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro permanente de la zona explorada indicando la profundidad y el valor real de la pérdida de espesor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere acoplante acústico para la superficie</li> <li>• Se limita la sensibilidad en superficies irregulares y rugosas.</li> </ul>

# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

METODO	PROPIEDADES SENSADAS O MEDIDAS	DISCONTINUIDADES TIPICAS	APLICACIONES REPRESENTATIVAS	ESTANDAR ASTM SELECCIONADO	VENTAJAS	LIMITACIONES
EXAMINACIÓN ULTRASONICA	Cambios en impedancia acústica	Grietas, vacíos, porosidad, laminaciones, inclusiones, faltas de penetración y de fusión	Soldaduras, Laminas, Tubos, Fundiciones, Forjados, Extrucciones, Medición de espesores	E273, E587, E114, E317, E664, E127, E428, E787, E164, E494, E213, E1316, E1001, E214, E587	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente penetración</li> <li>• Lectura automática</li> <li>• Buena sensibilidad y resolución</li> <li>• Solo necesita acceso por un lado</li> <li>• Registro permanente si se requiere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere acoplante acústico para la superficie</li> <li>• Estándar de referencia usualmente requerido</li> <li>• Alta dependencia de la habilidad del operador</li> </ul>
EXAMINACIÓN ULTRASONICA B, C Y CB SCAN	Posicionamiento de los ecos en una base de tiempo de llegada de un espectro osciloscopio	Perdidas de espesor de pared, determinación de perfil real del material, detección de corrosión, laminaciones, segregaciones, HIC	Laminas, Tubos, Fundiciones, y en general materiales ferrosos y no ferrosos	E114, E317, E664, E797, E494, E1316	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro permanente de la zona explorada indicando la profundidad y el valor real de la pérdida de espesor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere acoplante acústico para la superficie</li> <li>• Se limita la sensibilidad en superficies irregulares y rugosas.</li> </ul>

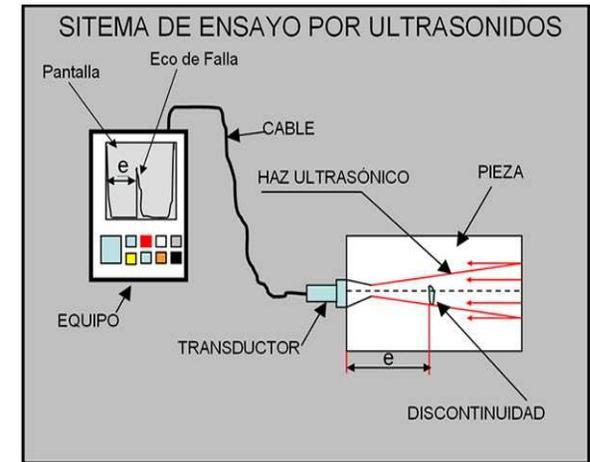
# Ensayos no destructivos para la inspección de las juntas.

## EJEMPLOS DE EXAMINACIÓN ULTRASONICA



Control de calidad de materiales

### Detección de defectos



Esquema de funcionamiento del ultrasonido



# **HISTORIA DE LA SOLDADURA**

# Línea de Tiempo – Evolución de la soldadura

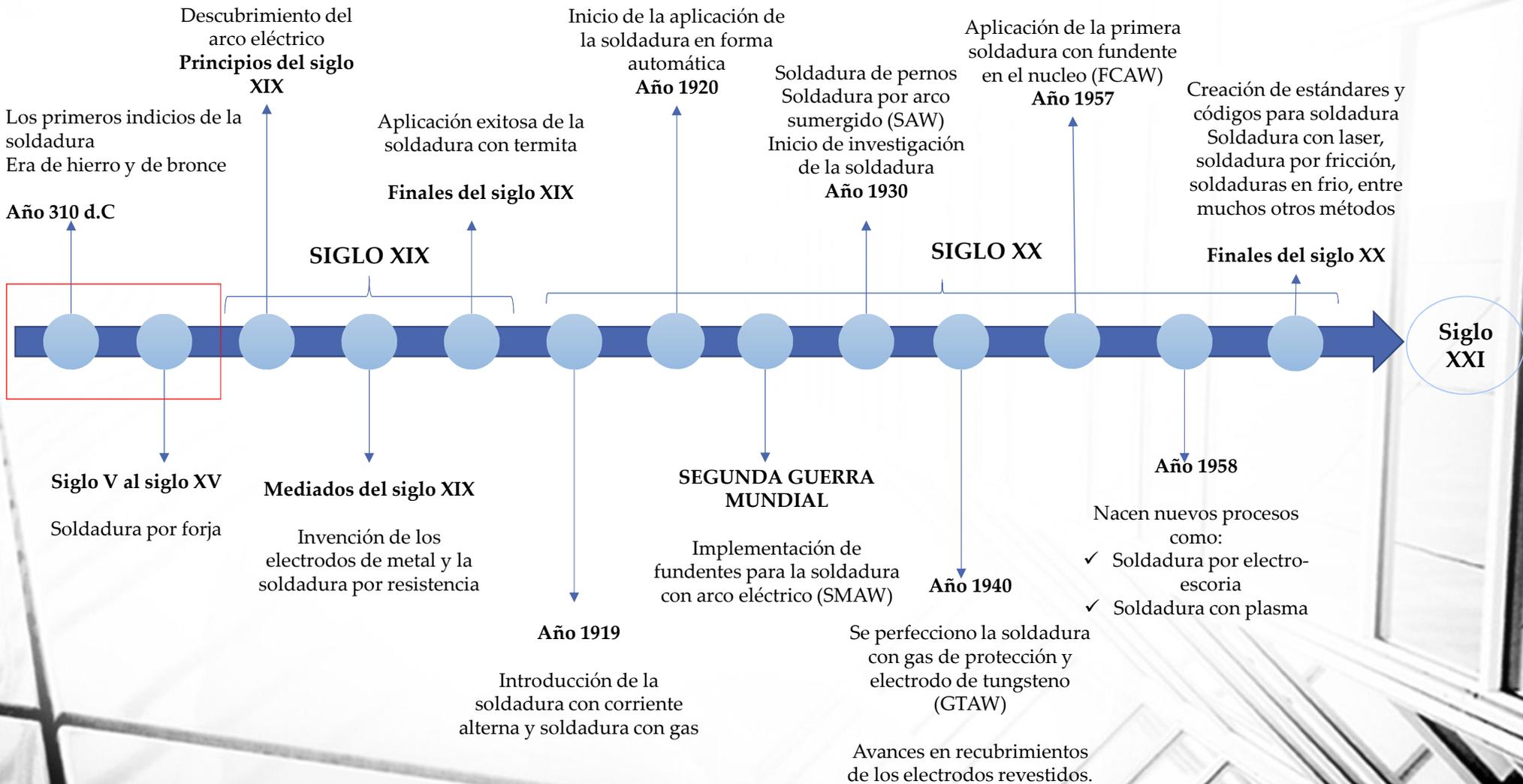


Soldadura en la edad media



Pilar de Hierro (Delhi, India)

# Línea de Tiempo – Evolución de la soldadura



# Línea de Tiempo – Evolución de la soldadura



Sir Humphry Davy



Charles L.  
Coffin



Nikolai  
Slavyanov



Arthur P.  
Strohmenger

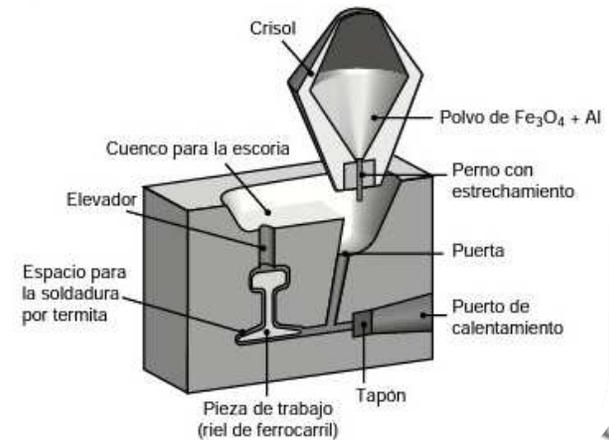
- En 1800, Sir Humphry Davy descubrió el arco eléctrico
- Los avances en la soldadura por arco continuaron con las invenciones de los electrodos de metal por el ruso Nikolai Slavyanov y el norteamericano, C. L. Coffin a finales de los años 1800
- A. P. Strohmenger lanzó un electrodo de metal recubierto en Gran Bretaña, que dio un arco más estable.
- En 1919, la soldadura de corriente alterna fue inventada por C. J. Holslag,

# Línea de Tiempo – Evolución de la soldadura

- La soldadura por resistencia Elihu Thomson en 1885.
- La soldadura de termita fue inventada en 1893, y alrededor de ese tiempo, se estableció otro proceso, la soldadura a gas. El acetileno fue descubierto en 1836 por Edmund Davy, pero su uso en la soldadura no fue práctico hasta cerca de 1900

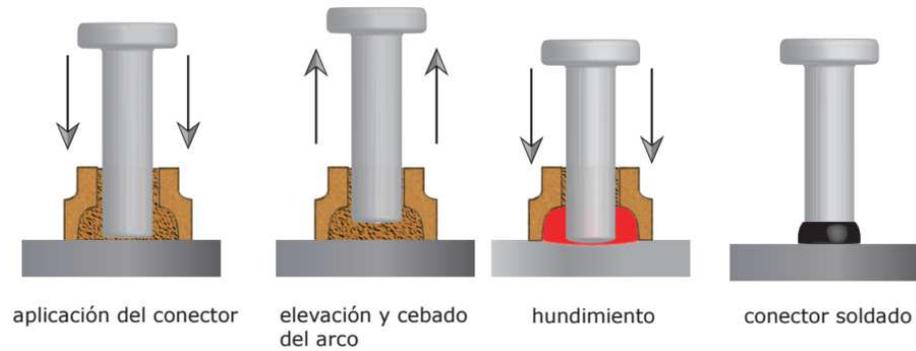


Ejemplo de soldadura por resistencia eléctrica



Esquema de sistema de soldadura de termita

# Línea de Tiempo – Evolución de la soldadura



Proceso de soldadura de pernos 1930

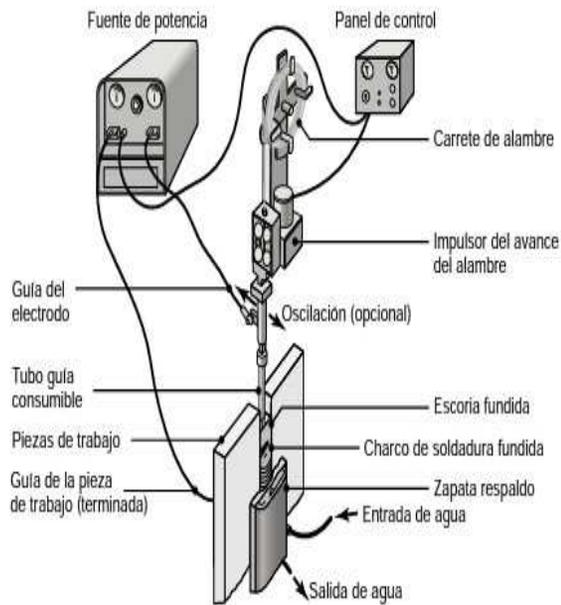


Proceso de arco sumergido



Proceso GTAW 1941

# Historia de la Soldadura



Soldadura por electro-escoria



FCAW



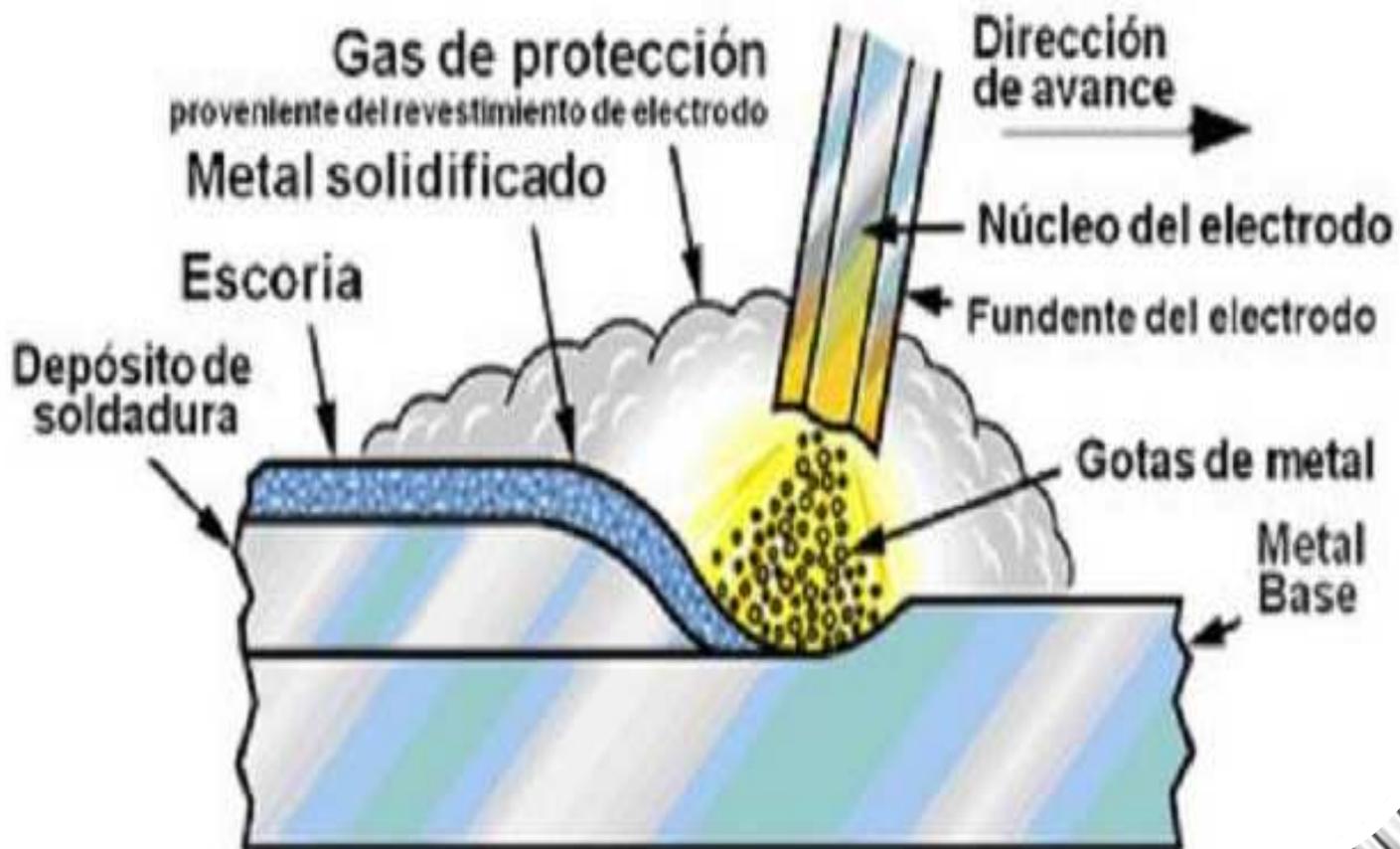
Soldadura con arco de plasma

- En 1957, debutó el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente, en el que el electrodo de alambre auto blindado podía ser usado con un equipo automático, resultando en velocidades de soldadura altamente incrementadas,
- Durante el año 1957 fue inventada la soldadura de arco de plasma.
- La soldadura por electro-escoria fue introducida en 1958, y fue seguida en 1961 por su homóloga, la soldadura por electrogas.



# **PROCESOS DE SOLDADURA MAS USADOS**

# Tendencia Actual de los Procesos de Soldadura



## Clasificación AWS A5.1

**E 70 1 8 H4 R**

Electrodo \_\_\_\_\_  
Resistencia a la tensión  
en ksi \_\_\_\_\_  
Posiciones \_\_\_\_\_  
Tipo de recubrimiento y corriente  
Nivel de hidrógeno \_\_\_\_\_  
Cumple los requerimientos del  
ensayo de absorción de humedad \_\_\_\_\_

- Bajo nivel de inversión.
- Proceso simple, flexible y portable.
- Acceso a juntas en lugares difíciles de llegada.
- Uso en exteriores, al aire libre.
- Capacidad de soldar la mayoría de los metales ferrosos y no ferrosos.

# SOLDADURA FCAW (Flux Cored Arc Welding)

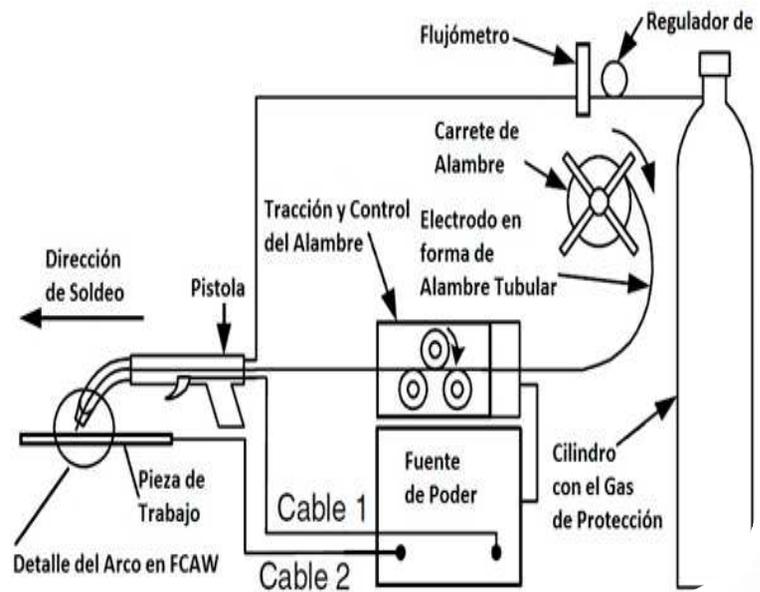


- El proceso emplea gas (que proviene de ciertos componentes del fundente que está contenido dentro del alambre tubular) para proteger el metal líquido cuando el arco está encendido; con o sin protección adicional proveniente de un gas suministrado externamente, y sin la aplicación de presión. Durante el enfriamiento y solidificación Del metal de soldadura depositado la protección se hace con escoria.

# Métodos de soldadura mas usados en la actualidad

## Características principales:

- La Fuente de poder es la que suministra corriente continua y generalmente es de voltaje constante, en las aplicaciones de unión se emplea polaridad positiva (el alambre-electrodo está conectado al borne positivo de la fuente).



Esquema de equipo para FCAW

# Métodos de soldadura mas usados en la actualidad

## Ventajas del FCAW:

- Depósitos de soldadura de alta calidad y buen aspecto.
- Alto factor operativo
- Elevada tasa de deposición
- No es necesario un largo proceso de limpieza
- Arco visible
- Fácil de usar



## Desventajas del FCAW:

- Aplicable solo a metales ferrosos y aleaciones de níquel
- Produce escoria
- Mas costoso que otros procesos
- Su equipo tiene un grado de complejidad importante.
- Genera gran cantidad de humos y vapores con respecto a otros procesos.

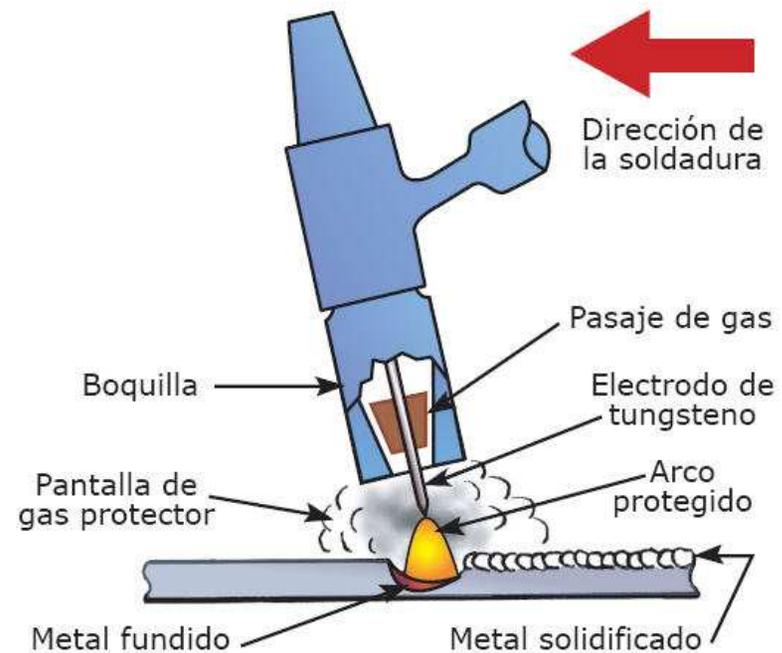
# Proceso de Soldadura TIG (GTAW)



# Gas Tungsten Arc Welding

## VENTAJAS DEL GTAW

- Genera soldaduras de alta calidad
- No requiere tanta limpieza
- No produce chispa ni salpicadura
- Disminuye la entrada de calor comparado con los métodos anteriores
- Muy versátil ya que se puede usar en metales ferrosos y no ferrosos
- Genera baja presencia de defectos



Esquema ilustrativo del proceso de soldadura GTAW

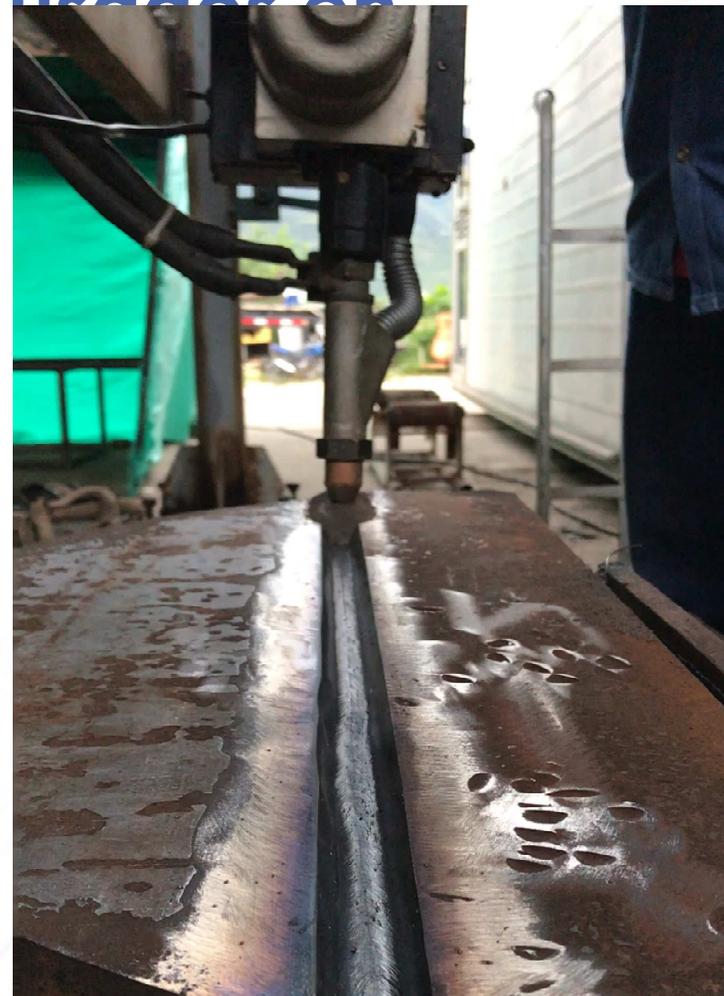
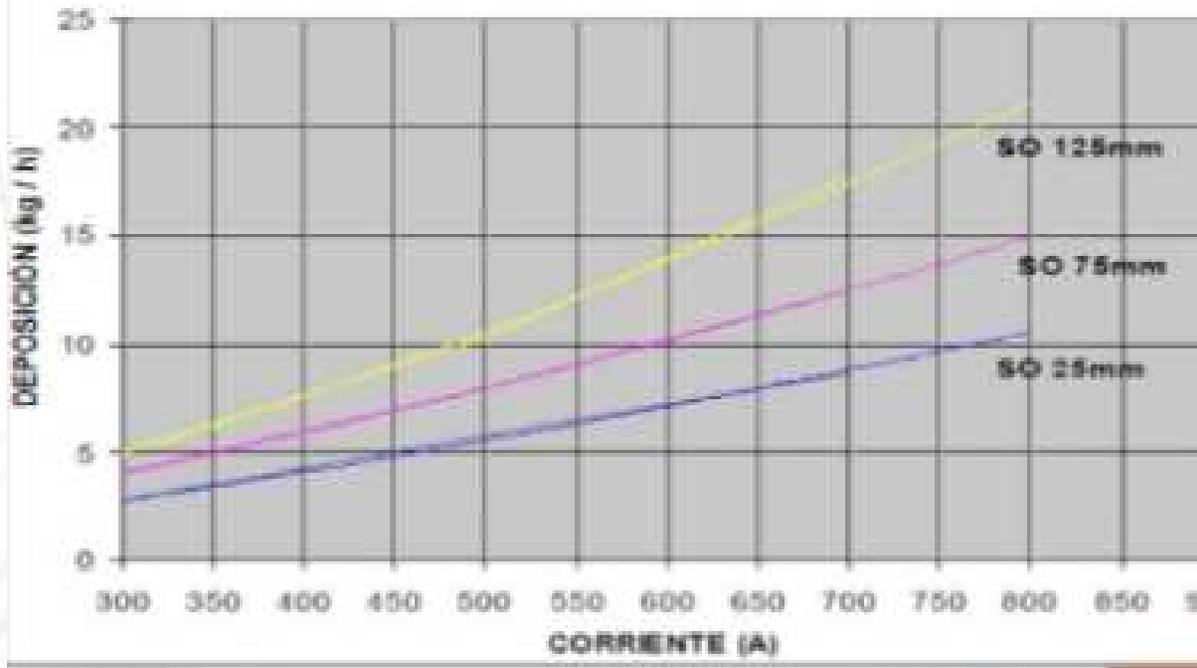
# SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW)



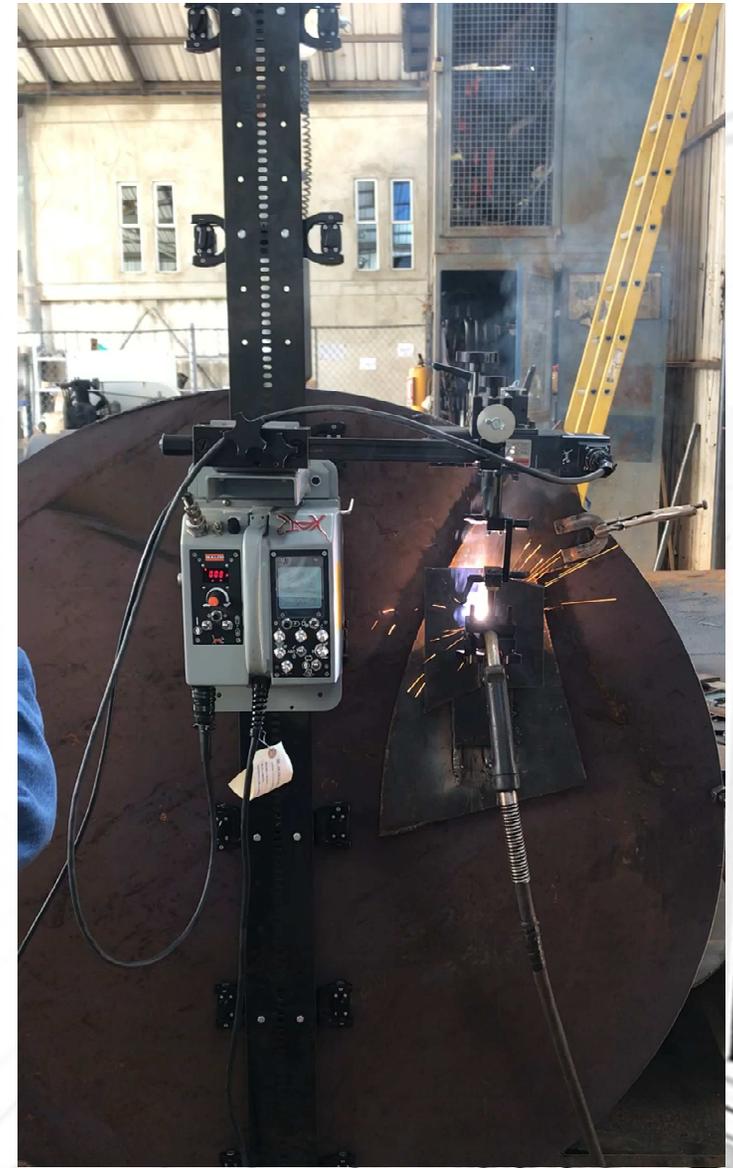
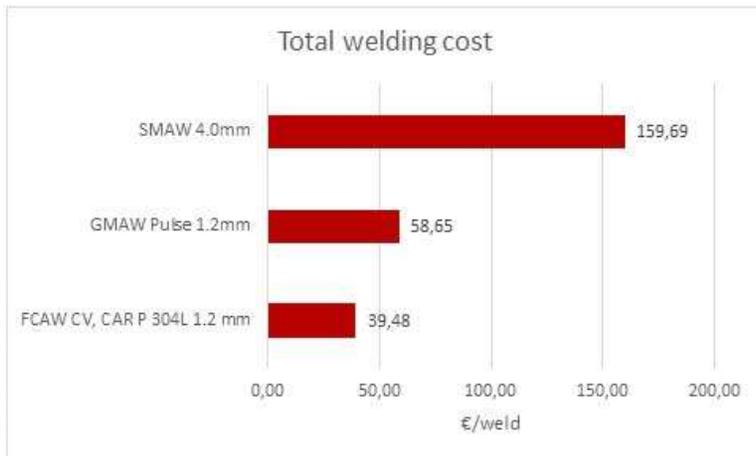
Proceso de arco sumergido

# Métodos de soldadura mas usados en la actualidad

D=3.2mm DC +

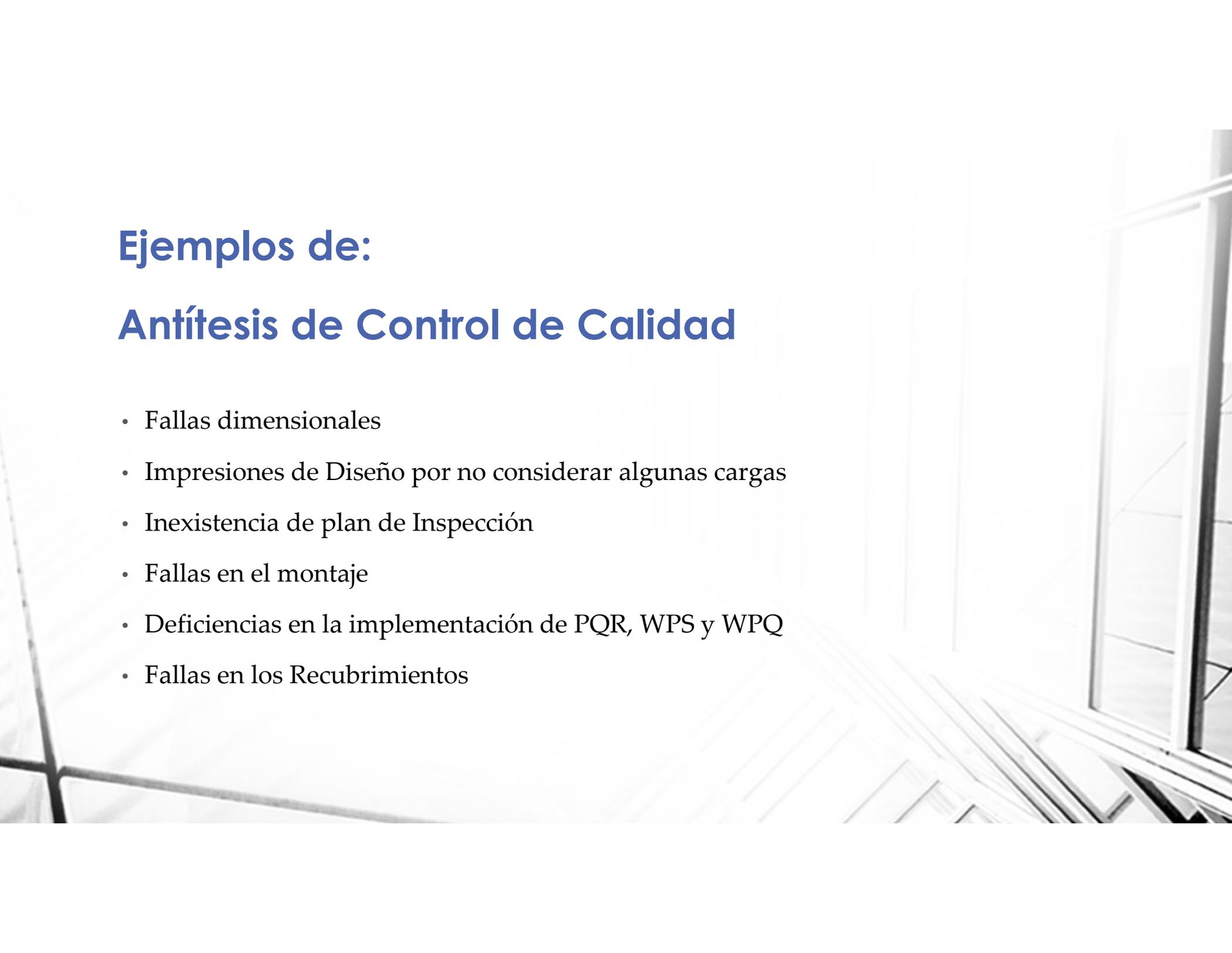


# Métodos de soldadura mas usados en la actualidad



## Procesos Productivos

Proceso de soldadura	Rango típico de eficiencia de deposición (%)
FCAW-G (protegido por gas)	80-88
FCAW-S (auto-protegido)	72-78
GMAW (MIG)	96-98
GTAW (TIG)	92-96
SAW	96-98*
SMAW (varilla)	50-55



**Ejemplos de:**

## **Antítesis de Control de Calidad**

- Fallas dimensionales
- Impresiones de Diseño por no considerar algunas cargas
- Inexistencia de plan de Inspección
- Fallas en el montaje
- Deficiencias en la implementación de PQR, WPS y WPQ
- Fallas en los Recubrimientos

**Muchas Gracias**

**Fin**