

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**ELABORACIÓN DE PROBETAS QUE EVIDENCIE DEFECTOS EN  
PROCESOS DE SOLDADURA**

Trabajo de Titulación para optar  
al Título de técnico en  
MECANICA INDUSTRIAL.

Alumnos: Camilo Tadeo Michea  
Quintanilla

Profesor Guía: Ing. José Carvallo  
Basáez

Profesional correferente: Juan  
González Henríquez

## **RESUMEN**

**KEYWORDS:** INSPECCION VISUAL, DEFECTOLOGIA, METODOLOGIAS.

La inspección visual según AWS (American Welding Societs), Es un ensayo no destructivo (END) mediante el cual una soldadura se debe inspeccionar antes, durante y después del soldeo, el objetivo es la detección de discontinuidades que afectan a la superficie. Se utilizar el ensayo de inspección visual ya que es el más utilizado por las empresas debido a su rapidez comparado con los demás END.

El enfoque de este escrito está basado en la Elaboración de probetas que evidencie defectos en procesos de soldadura, esto será realizado en la región de Valparaíso, comuna Quilpué. Las probetas serán realizadas por una soldadora arco manual 160 Amperes marca Bauker, con electrodos 6010, 6011, 7018 con un diámetro de 1/8 y con un material base de acero al carbono.

En el capítulo número uno se realizará las descripciones técnicas de los equipos a utilizar para luego hacer las soldaduras con los distintos tipos de electrodos y posiciones.

En el capítulo número dos se diseñan y elaboran las probetas para luego realizar la inspección visual y clasificar las soldaduras dependiendo de sus defectos.

El capítulo número tres se detectan los defectos y soluciones de cada tipo de Cordón, dependiendo del defecto detectado a través de la inspección visual.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>SIGLAS</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO.</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1: antecedentes generales</b>	<b>9</b>
1.1 Proceso teórico de soldar (SMAW).	10
1.1.1 Circuito básico de soldadura.	11
2. Ventajas y desventajas.	13
3. Seguridad.	13
4. Partes importantes de una máquina de Soldar.	15
1.2 Procesos de soldadura.	15
1.2.1 Proceso de soldadura TIG.	16
1.2.2 Proceso de soldadura MIG.	18
1.2.3 Principales componentes del equipo:	19
1.3 Puntos importantes para la soldadura SMAW.	21
1.3.1 Selección del electrodo.	21
1.3.2 Partes de un electrodo.	22
1.3.3 Clasificación de los electrodos para soldadura.	22
1.4 Especificaciones técnicas de los electrodos a utilizar.	25
1.4.1 Electrodo AWS E7018.	25
1.4.2 Electrodo AWS E6010.	26
1.4.3 Electrodo AWS E6011.	27
1.4.4 Determinar el diámetro del electrodo de acuerdo con el trabajo a realizar.	27
1.4.5 Selección del amperaje de soldadura.	28
1.4.6 Velocidad de soldadura.	29
1.4.7 Longitud del Arco.	29
1.4.8 Cordones, posiciones y patrones de soldadura con electrodo revestido (SMAW).	30
1.5 Preparación de los bordes.	32
1.5.1 Componentes de las juntas.	32
1.5.2 Partes de la junta soldada.	35
1.6 Imperfecciones de las uniones SOLDADAS.	39
1.6.1 Discontinuidades.	39
1.6.2 Fisuras.	40
1.6.3 Fisuras en caliente y fisuras en frío.	41
1.6.4 Fisuras de acuerdo con la dirección de propagación.	41

1.6.5 Falta de fusión.	41
1.6.6 Falta de penetración en la junta.	42
1.6.7 Solapado.	43
<b>Cápítulo 2: diseño de probetas.</b>	<b>46</b>
2.1 Introducción.	47
1.6 Soldadura a tope.	48
1.7 Soldadura en T.	48
2.3.1 Proceso de ejecución “soldadura a tope”.	48
2.3.2 Variables de soldeo.	51
2.4 Defectos e imperfecciones para estudiar en las probetas.	53
2.4.1 Salpicadura excesiva y socavado.	53
2.4.2 Falta de penetración y distorsión.	54
2.4.3 Poros.	55
2.4.4 Fisura.	56
2.5 Tabla de materiales.	58
<b>Cápítulo 3: análisis de resultados.</b>	<b>60</b>
3.1 salpicadura y socavado.	61
3.2 Falta de penetracion y distorcion.	62
3.3 Poros.	64
3.4 fisura.	66
<b>Conclusión.</b>	<b>68</b>
Anexos	69

### **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura.1.1 Diagrama.</b>	<b>11</b>
<b>Figura.1.1.1 Soldadura de proceso SMAW.</b>	<b>12</b>
<b>Fig.1.1.2 Comportamiento entre electrodo y material base.</b>	<b>12</b>
<b>Figura.1.1.3 Equipos de protección personales (EPP)</b>	<b>14</b>
<b>Figura. 1.3 Proceso GTAW</b>	<b>16</b>
<b>Figura.1.4 Atmosfera protectora.</b>	<b>17</b>
<b>Figura.1.5 Proceso GMAW.</b>	<b>19</b>
<b>Figura.1.5.1: Partes pistola.</b>	<b>20</b>
<b>Figura.1.5.2: Partes proceso mig/mag</b>	<b>21</b>
<b>Figura. 1.5 Partes de un electrodo.</b>	<b>22</b>
<b>Figura.1.6 Longitud del arco.</b>	<b>30</b>

<b>Figura.1.5: Patrones.</b>	<b>32</b>
<b>Figura. 1.6: Bordes.</b>	<b>33</b>
<b>Figura. 1.6.1: Simbología.</b>	<b>34</b>
<b>Figura.1.7 Partes de la junta.</b>	<b>35</b>
<b>Figura.1.8: Uniones</b>	<b>37</b>
<b>Figura.1.8.1: Uniones.</b>	<b>38</b>
<b>Figura. 1.9: Geometría.</b>	<b>39</b>
<b>Figura.1.10: Fisuras.</b>	<b>40</b>
<b>Figura.1.10.1: Fisura transversal.</b>	<b>41</b>
<b>Figura.1.11: Falta de fusión superficial.</b>	<b>42</b>
<b>Figura.1.12: Falta de penetración.</b>	<b>42</b>
<b>Figura.1.13: Solapado.</b>	<b>43</b>
<b>Figura.1.14: Mal aspecto.</b>	<b>43</b>
<b>Figura.1.15: Salpicadura.</b>	<b>44</b>
<b>Figura.1.17: Arco desviado.</b>	<b>44</b>
<b>Figura.1.18: Distorsión.</b>	<b>44</b>
<b>Figura.1.19: Porosidad.</b>	<b>45</b>
<b>Figura.1.20: Socavado.</b>	<b>45</b>
<b>Figura.2: Talón.</b>	<b>48</b>
<b>Figura.2.1: Puntos de fijación</b>	<b>49</b>
<b>Figura.2.1.1: Inicio de cordón dentro del bisel</b>	<b>49</b>
<b>Figura.2.1.2: Cubrimiento de bisel</b>	<b>49</b>
<b>Figura.2.1.3: Ejecución puntos de fijación.</b>	<b>50</b>
<b>Figura.2.1.4: Iniciar el cordón de raíz.</b>	<b>50</b>
<b>Figura.2.1.5: Número de cordones.</b>	<b>50</b>

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1: Escala de cristales inactínicos.</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 1.2 Nomenclaturas de los electrodos para aceros al carbono.</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 1.3: Interpretativa para el último dígito.</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 1.3.1: Porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura.</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 1.4: Datos técnico E7018.</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 1.4.1: Datos técnicos E6010.</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 1.4.2: Datos técnicos E6011.</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 1.5: Diámetros y amperajes recomendados.</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 1.6: Designación de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:2001.</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 2: Información.</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 2.1: información.</b>	<b>54</b>

<b>Tabla 2.3: Información.</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 2.4: Información.</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 2.8: Materiales.</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 3: Probeta número 1.</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 3.1: Probeta número 2.</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 3.2: Probeta número 3.</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3.3: Probeta número 4.</b>	<b>66</b>

### **INDICE DE ANEXOS**

Cotización (anexo A).....	69
Salpicadura y socavado (anexo B) .....	69
Falta de penetración y distorsión (anexo C).....	70
Poros (anexo D).....	70
Fisura (anexo E) .....	71

## **SIGLAS**

ISO: International Organization for Standardization (Organización internacional de estandarización)

RAE: Real academia española.

EPP: Equipo de protección personal.

UV: Radiación ultravioleta.

AWS: American Welding Society..

ASME: American Society Mechanical Engineers..

DIN: Deutsches Institut für Normung ( Instituto Alemán de Normalización).

ASTM American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales).

UNE: Es un grupo unido de normas tecnológicas fundadas por los Comités Técnicos de Normalización.

## **INTRODUCCIÓN**

La historia de la soldadura se remonta a varios milenios atrás, con los primeros ejemplos de soldadura desde la edad de bronce y la edad de hierro en Europa y en Oriente Medio. La soldadura fue usada en la construcción del Pilar Delhi de hierro que data del año 310, ha sido uno de los avances tecnológicos para llegar a la Revolución Industrial del siglo XIX, sin ella no existirían las maquinarias que se pueden ver en la actualidad.

Se puede decir que la soldadura es de suma importancia en las industrias en general, ya que, es el proceso más económico, rápido y factible para generar uniones entre piezas de forma permanente, dependiendo si cumple con las normativas.

Existen distintos procesos para soldar unos de los cuales son MIG, TIG, PAC, SAW, TÁNDEM, SMAW, para algunos procesos se utiliza electrodos los cuales pueden ser consumibles o no consumibles.

Este trabajo de título y la metodología para emplear está basada en experiencias prácticas y elaboradas para este trabajo, la información se obtendrá a través de la experiencia práctica, libros y sitios web.

Se desarrollará a través de probetas las cuales deberán caracterizar una serie de defectos, estos defectos serán controlados por los parámetros del proceso de soldadura.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Elaborar probetas utilizando proceso de soldadura con electrodo revestido, que evidencien defectos, con el fin de ver las fallas por inspección visual según AWS B1.1.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO.**

- Indicar defectos en procesos de soldadura SMAW y GMAW para ver una serie de defectos, utilizando electrodos revestidos y alambre 71v.
- Diseñar probetas considerando especificaciones técnicas, para establecer geometría del material base a través de los defectos a obtener.
- Identificar defectos que se presentaron en el proceso de soldadura para visualizarlos a través de una inspección visual.

## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1 PROCESO TEÓRICO DE SOLDAR (SMAW).**

Es un sistema que utiliza una fuente de calor (arco eléctrico) y un medio gaseoso generado por la combustión del revestimiento del electrodo, mediante el cual es posible la fusión del metal de aporte y la pieza, generando con esto una unión metálica resistente a todos los esfuerzos mecánicos.

Este circuito se cierra al producirse el contacto entre el electrodo y la pieza. El arco formado es la parte donde el circuito encuentra menor resistencia y es el punto donde se genera la fuente de calor por medio de la cual se provoca la fusión del material.

Esta temperatura generada (4000 °C) permite también combustionar los componentes del revestimiento, los que al gasificarse cumplen diversas funciones tales como: Desoxidar, eliminar impurezas, facilitar el paso de la corriente, y especialmente proteger al metal fundido de las influencias atmosféricas.

Este sistema se caracteriza por su versatilidad y economía, pudiendo realizarse en trabajos de pequeña y gran envergadura.

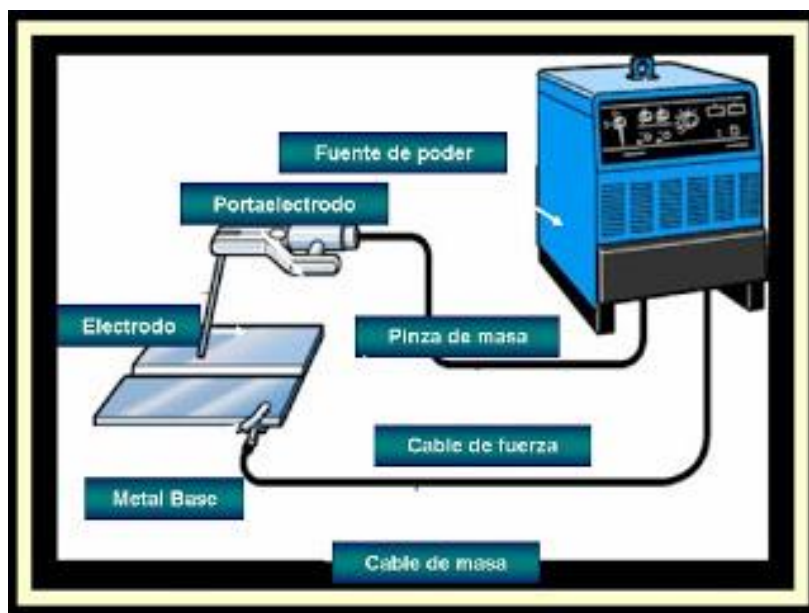
La soldadura por arco es uno de varios procesos de fusión para la unión de metales. Mediante la aplicación de calor intenso, el metal en la unión entre las dos partes se funde y causa que se entremezclen, directamente, o más comúnmente con el metal de relleno fundido intermedio. Tras el enfriamiento y la solidificación, se crea una unión metalúrgica. Puesto que la unión es una mezcla de metales, la soldadura final, potencialmente tiene las mismas propiedades de resistencia como el metal de las piezas. Esto está en marcado contraste con los procesos que no son de fusión en la unión (es decir, soldadura blanda, soldadura fuerte, etc.) en el que las propiedades mecánicas y físicas de los materiales de base no se pueden duplicar en la junta.

En la soldadura por arco, el intenso calor necesario para fundir el metal es producido por un arco eléctrico. El arco se forma entre el trabajo actual y un electrodo (recubierto o alambre) que es manual o mecánicamente guiado a lo largo la junta. El electrodo es una varilla con el simple propósito de transportar la corriente entre la punta y el trabajo. O puede ser una varilla o alambre especialmente preparado que no sólo conduce la corriente, sino también se funde y suministra metal de relleno a la unión. La mayor parte de la soldadura se utiliza en la fabricación de productos de acero.

### 1.1.1 Circuito básico de soldadura.

El circuito básico de arco de soldadura se ilustra en la Fig.1.1, cuenta con una fuente de poder, la cual puede ser de CA o DC. Esta máquina debe contar con un cable que vaya dirigido al portaelectrodo (cable de trabajo) este será el encargado de realizar la soldadura a través del electrodo, también debe contar con un cable de masa que debe ir en conjunto con la pinza (tierra).

Figura.1.1 Diagrama.



**Fuente:** [www.kezverchile.cl](http://www.kezverchile.cl)

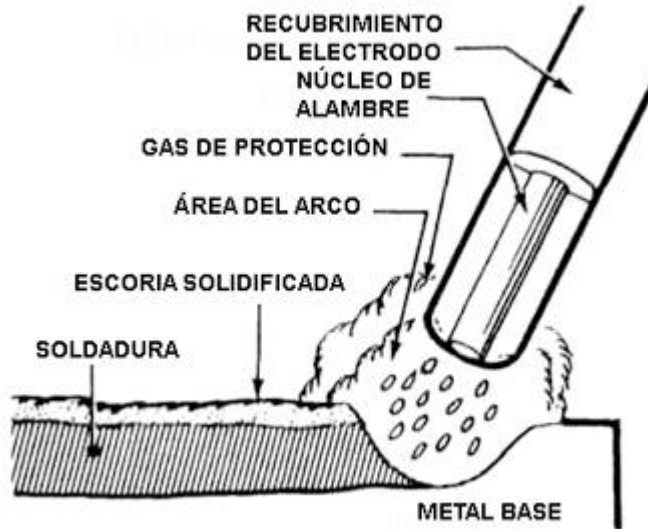
Un arco se crea a través de la separación cuando el circuito con energía en la punta del electrodo toca la pieza de trabajo y se retira, y así en estrecho contacto.

El arco produce una temperatura de aproximadamente 4000°C en la punta. Este calor se derrite tanto en el metal de base como en el electrodo, produciendo una pila de metal fundido a veces llamado "cráter". El cráter se solidifica detrás del electrodo a medida que se mueve a lo largo de la pieza. El resultado es una unión por fusión.

#### 1.1.1.1 Arco Protegido.

Sin embargo, la unión de metales requiere algo más que mover un electrodo a lo largo de una unión. Los metales a altas temperaturas tienden a reaccionar químicamente con elementos presentes en el aire como oxígeno y nitrógeno. Cuando el metal en el charco de fusión entra en contacto con el aire, óxidos y nitruros, destruyen la resistencia y dureza de la unión soldada. Por lo tanto, muchos procesos de soldadura de arco proporcionan algunos medios de cubrir el arco y el charco de fusión con un escudo protector de gas, vapor, o escoria. Esto se denomina arco protegido. Este blindaje evita o minimiza el contacto del metal fundido con el aire. El blindaje también puede mejorar la soldadura. Un ejemplo es un fundente granular, que en realidad añade desoxidantes a la soldadura.

Figura.1.1.1 Soldadura de proceso SMAW.



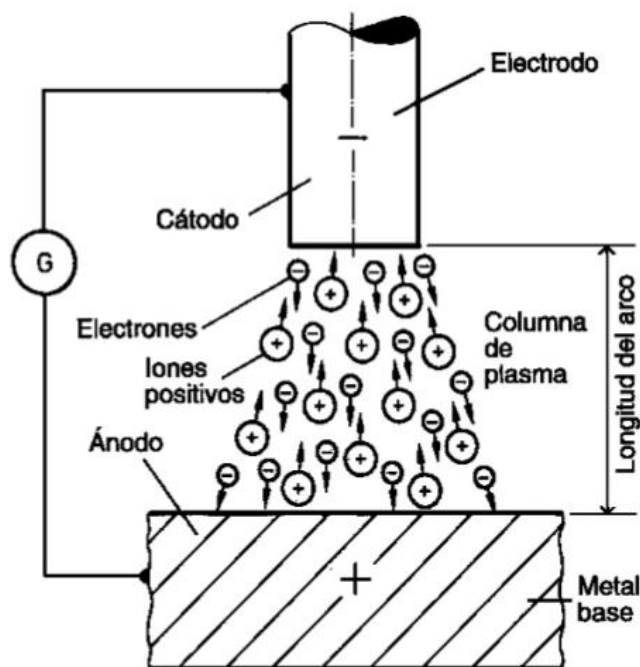
Fuente: ingemecanica.com

La Figura 2 ilustra el blindaje del arco de soldadura y el baño de fusión con un electrodo revestido. El extruido que cubre la varilla de metal de relleno, proporciona un gas de protección en el punto de contacto mientras la escoria protege la soldadura fresca del aire.

#### 1.1.1.2 Propiedades del Arco.

Un arco es una corriente eléctrica que fluye entre dos electrodos a través de una columna de gas ionizado. Un cátodo cargado negativamente y un ánodo cargado positivamente crean el intenso calor del arco de soldadura. Los iones negativos y positivos se hacen rebotar entre sí en la columna de plasma a un ritmo acelerado.

Fig.1.1.2 Comportamiento entre electrodo y material base.



En la soldadura, el arco no sólo proporciona el calor necesario para fundir el electrodo y el metal base, bajo ciertas condiciones también debe proporcionar los medios para transportar

el metal fundido desde la punta del electrodo a la obra. Existen varios mecanismos para la transferencia de metal, unas de ellas son:

- **Tensión superficial:** Transfiere una gota de metal fundido tocado el baño de metal fundido y se dibuja en ella por la tensión superficial.
- **Pulverización de arco:** La gota se expulsa desde el metal fundido en la punta del electrodo por una partícula eléctrica impulsándola al baño de fusión fundido (ideal para soldadura de cabeza).

## 2. Ventajas y desventajas.

Se aprovecha como fuente de calor en el proceso de soldadura por arco, con el fin de fundir los metales en los puntos que han de unirse, de manera que se fundan a la vez y formen luego una masa sólida única.

Provoca irradiaciones de rayos Luminosos, Infrarrojos y Ultravioleta, los cuáles producen trastornos orgánicos, si no se toman las debidas precauciones.

Una de las ventajas del arco manual es su buena penetración y resistencia, la desventaja es que requiere de una buena habilidad del soldador y los gases del fundente representan riesgos a la salud.

Una de las desventajas de la soldadura MIG es su mala penetración en materiales gruesos y requiere de una preparación previa al proceso, este proceso cuenta con un resultado de alta calidad si se controla la geometría y la preparación del material.

## 3. Seguridad.

Cuando se realiza una soldadura al arco, durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor. En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas:

Siempre utilice todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar.

El equipo consiste en:

- **Guantes de cuero, tipo mosquetero con costura interna,** para proteger las manos y muñecas.
- **Coletos o delantales de cuero,** para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.

- Polainas y casaca de cuero, cuando es necesario hacer soldadura en posiciones vertical y sobrecabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.
- Zapatos de seguridad, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.

Figura.1.1.3 Equipos de protección personales (EPP)



• Máscara de soldar, protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo con el proceso e intensidades de corriente empleadas. El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura alcanza sobre los 4.000°C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de estas últimas, tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioleta e infrarrojo. El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque sí es extremadamente dolorosa. Su efecto es como “tener arena caliente en los ojos”. Para evitarla, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactínico) que ajuste bien y, delante de éste, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada. La siguiente tabla ayudará a seleccionar el lente adecuado:

**Tabla 1.1: Escala de cristales inactínicos.**

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERES																						
	0,5	1	2,5	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450
Electrodos recubiertos											9	10	11			12			13			14	
MIG, sobre metales pesados											10		11	12			13			14			
MIG, sobre aleaciones ligeras											10		11	12	13		14		15				
TIG, sobre todos los metales y aleaciones						9	10	11		12	13	14											
MAG											10	11	12	13			14		15				
Torchado arco-aire											10			11	12	13	14	15					
Corte por chorro de plasma											11			12		13							
Soldadura por arco de microplasma	25	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14			15					

**Fuente:** [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

**1.1.3.1 Normas relacionadas.**

- NCh 2928 of. 2005: Prevención de Riesgos-Seguridad en trabajos de soldadura, corte y procesos afines e Especificaciones.
- NCh 1562 of. 1979: Protección Personal-Pantalla para soldadores-Requisitos.
- NCh 1563 of. 1979: Protección Personal-Pantalla para soldadores-Ensayos.
- NCh 2914 of. 2005: Elementos de protección ocular, filtros para soldadura y técnicas relacionadas Requisitos de transmitancia y uso recomendado.
- NCh 1805 of. 2004: Ropa de protección para usar en soldadura y procesos afines, Requisitos generales.

**4. Partes importantes de una máquina de Soldar.**

- Máquina de Soldar: Es la parte más importante dentro del soldador. Es un conjunto de elementos que proporcionan la energía para realizar el trabajo.
- Cable de Tierra o Neutro: Cable que va conectado a la pieza donde encontramos al electrodo.
- Cable Porta Electrodo: Cable que sale del bobinado, hacia la pieza.
- Porta Electrodo: Donde se ubica el electrodo que utilizaremos para soldar.
- Varilla de Soldadura o Electrodo: Es la varilla que realiza la soldadura.
- Cable Para Conectar a la Toma de Corriente: El cable de conexión eléctrica, para que pueda funcionar el soldador eléctrico.

**1.2 PROCESOS DE SOLDADURA.**

Si mencionaran algunos procesos de soldadura.

### 1.2.1 Proceso de soldadura TIG.

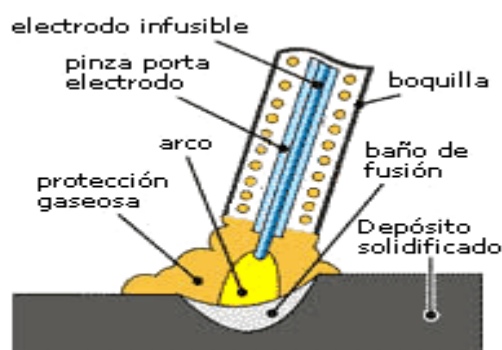
El proceso de soldadura TIG por sus siglas en inglés (Tungsten Inert Gas) o también denominado GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) según ANSI/AWS A 3.0, es un método de soldadura que funciona por fusión, en el cual se utiliza un electrodo de tungsteno no consumible tanto el electrodo como el arco y el baño de fusión son protegidos por una campana de un gas inerte.

El equipo de soldadura TIG está compuesto por una unidad de alimentación, la manguera con la antorcha y un circuito de gas de protección.

A diferencia del proceso de soldadura por electrodo revestido, donde el electrodo tiene múltiples funciones, en este proceso el electrodo tiene una única función: producir el arco eléctrico. Y para que el electrodo no se funda junto con la soldadura, se buscó un material que soporte mucho más calor que el acero, de ahí la elección del Tungsteno (Wolframio) que tiene una increíble temperatura de fusión de 3,410° C.

En el circuito de gas de protección se utiliza un flujo constante de un gas inerte con el fin de proteger al arco y el material fundido de la violenta oxidación que puede producir el contacto del aire a tan altas temperaturas. Los gases más utilizados son el argón y el helio o una combinación de ambos.

Figura. 1.3 Proceso GTAW



Fuente: [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

#### 1.2.1.1 Principales componentes del equipo.

##### Fuente de alimentación

Esta fuente de poder para la soldadora Tungsten Inert Gas (TIG) puede ser de corriente directa o corriente alterna. Asimismo, las fuentes de alimentación de transistores o inversores son cada vez más usadas para la soldadura TIG.

### Antorcha

Se pueden encontrar diversos diseños de antorchas para soldadura, Las antorchas especializadas están disponibles para aplicaciones mecanizadas y para soldar orificios de tuberías.

### Electrodos

En los electrodos utilizados en una soldadora Tungsten Inert Gas (TIG), la geometría de la punta dependerá mucho del trabajo a realizar ya que a menor angulo mayor sera la penetración, pero generalmente la geometría de la punta del electrodo varia entre 60 a 90 grados.

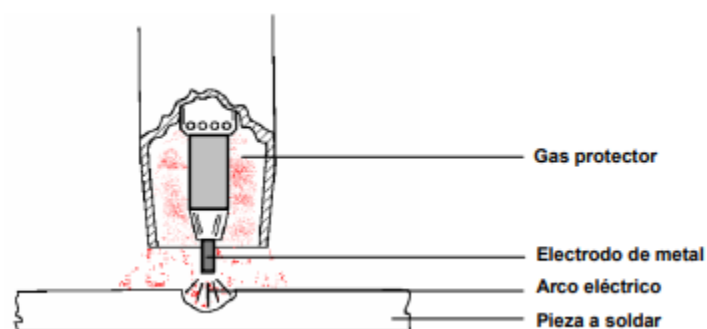
### Insertos

La colocación de un inserto puede mejorar la uniformidad de la penetración de la raíz de la soldadura. Sin embargo, el uso de un inserto no hace más fácil el trabajo de soldar, pues se requiere habilidad para evitar ciertos problemas de fusión incompleta de la raíz y penetración desigual de la misma.

### Revestimiento de gas

Es importante colocar una lente de gas dentro de la boquilla de la antorcha para garantizar el flujo de gas requerido. Esto permitirá la protección contra gases en soldaduras sensibles, como soldadura de juntas verticales, de esquina y de borde, y en superficies curvas. En el mercado también existen variedades de boquillas, lo que garantiza una cobertura de gas diferente. La selección de la boquilla depende del diámetro del electrodo y, la facilidad precisada por el metal a soldar.

Figura.1.4 Atmosfera protectora.



**Fuente** “Improving productivity with A-TIG welding.” P.C. ANDERSON  
y R. WIKTOROWICZ.

### Equipos de protección.

Se debe usar el equipo de protección correspondiente a una soldadora Tungsten Inert Gas (TIG), principalmente, una careta de soldar con un vidrio más oscuro que el usado para una ensambladura común.

### 1.2.2 Proceso de soldadura MIG.

Sus siglas vienen de la traducción del inglés Gas Metal Arc Welding, haciendo referencia a la protección del medio ambiente a través de gases inertes o activos. A pesar de ser un excelente proceso y de estar ganando terreno mundialmente, parte del sector desconoce todas sus características y propiedades, actualmente se encuentra altamente posicionado en la industria metalmecánica y día a día se ha convertido en uno de los principales métodos de soldeo en el mundo.

Se pueden soldar, los inoxidable, los hierros y aceros cromados o niquelados, algunos de los aceros llamados de súper aleación, los metales comerciales importantes, como aluminio, magnesio, cobre, hierro, titanio, zirconio, entre otros. El sistema MIG se emplea para unir piezas delgadas de aluminio, cobre, magnesio, inoxidable y titanio, mientras el MAG es ideal para la mayoría de los aceros y hierros al carbono y bajo carbono, en todas las dimensiones.

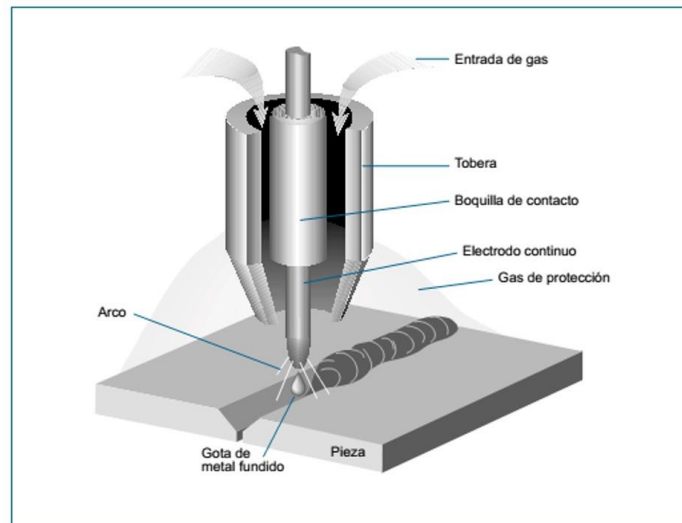
Se puede definir como un sistema autorregulado de potencial constante, ya que a diferencia del proceso SMAW uno de los parámetros que se varía es el voltaje del equipo y no la corriente, por esto podríamos indicar que es una soldadura semiautomática que usa una pistola manual, en la cual el equipo alimenta el electrodo en forma continua. Actualmente puede aplicarse de tres formas:

Semiautomática como la aplicación más común, acá algunos parámetros previamente ajustados por el soldador, como el voltaje, son regulados de forma automática y constante por el equipo, pero es el operario quien realiza el arrastre de la pistola y la pieza de forma manual.

Automática, donde generalmente, el operario interviene muy poco en el proceso, solo en el caso de corregir o reajustar los parámetros, mover la pieza o cambiarla de un lugar a otro y al igual que en el proceso semiautomático, el voltaje y la corriente se ajustan previamente a los valores requeridos para cada trabajo y son regulados por el equipo, pero es una boquilla automatizada la que aplica la soldadura.

Robotizada, donde un brazo mecánico puede soldar toda una pieza, rotarla transportarla y realizar los acabados automáticamente, sin necesidad de la intervención del operario, este proceso es utilizado a escala industrial y todos los parámetros y las coordenadas de localización de la unión que se va a soldar se programan mediante una unidad control numérico computarizado.

Figura.1.5 Proceso GMAW.



Fuente: [www.soldaduravestructuras.com](http://www.soldaduravestructuras.com)

### 1.2.3 Principales componentes del equipo:

#### Antorcha (pistola) para soldar.

Este elemento contiene un gatillo, un mango, un cuello que guía el alambre, la corriente y el gas protector hacia el área de soldadura. En el extremo tienen una tobera, un difusor y un tubo de contacto que se puede cambiar según el tipo y diámetro del alambre.

#### Regulador de presión con medidor de caudal.

Ayuda a regular la presión que viene del cilindro de gas y el paso de gas a la pistola.

#### Manguera de suministro de gas.

Conducto por el cual circula el gas de protección desde el regulador hasta el equipo para realizar el trabajo de soldadura.

#### Electrodo.

Es el alambre que sirve de aporte y a la vez conductor eléctrico para soldadura. Se usa como un polo del circuito y en su extremo se da el arco eléctrico.

### Amperímetro.

Puede ser de tipo análogo o digital y sirve para graduar el nivel de la cantidad de corriente en amperios.

### Cilindro de gas protector.

Este elemento, incluye el gas a alta presión y equipado de un regulador que mide el flujo del gas.

### Fuente de energía.

Brinda la energía necesaria para fusionar el alambre en la pieza que se va a soldar y es de tipo de corriente con voltaje constante.

### Cable de potencia y control.

Estos cables son los que unen la fuente de soldadura con el alimentador de alambre para su funcionamiento.

### Pinza masa.

Sirve como sujetadora del cable de masa que va de la fuente de soldadura a la pieza que se va a soldar y permite que haya un buen contacto entre los dos.

### Voltímetro.

Permite controlar el voltaje requerido para soldar y las graduaciones del equipo MIG, en voltios.

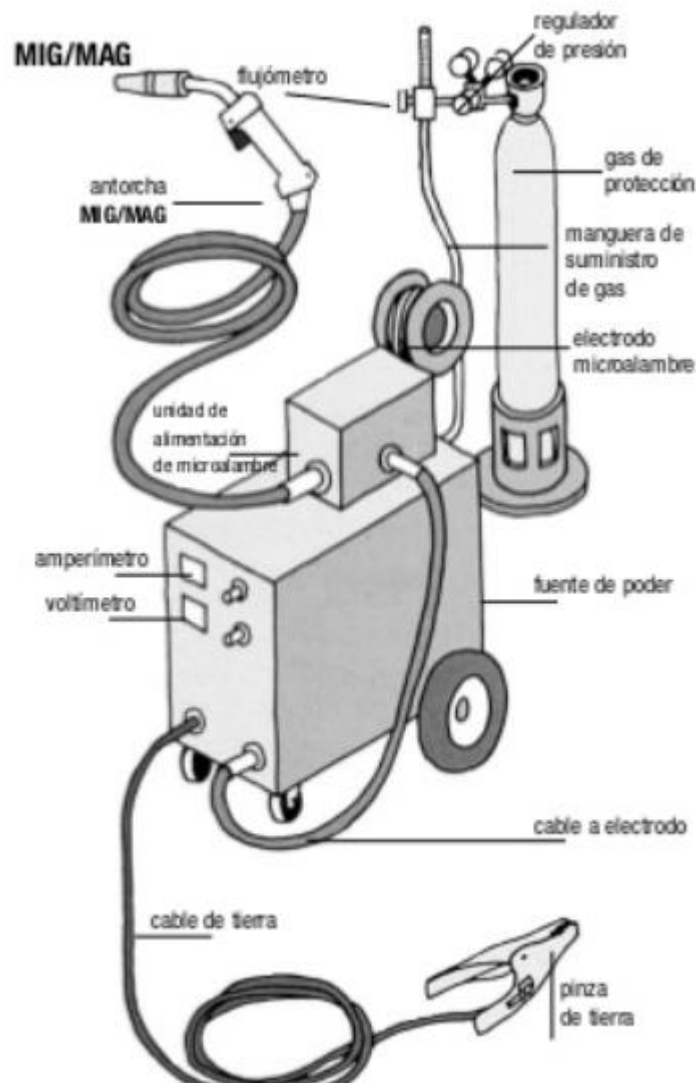
### Alimentador del alambre.

Está diseñado con un motor, rodillos y tubos guía que impulsan y facilitan el desplazamiento prolongado del alambre, con regulación de velocidad y mediante la pistola para llegar al área donde es producido el arco de soldadura.

Figura.1.5.1: Partes pistola.



Figura.1.5.2: Partes proceso mig/mag



**Fuente:** <https://es.slideshare.net/arleto/manual-soldador-1parte>

### **1.3 PUNTOS IMPORTANTES PARA LA SOLDADURA SMAW.**

Se mencionarán los más relevantes.

#### **1.3.1 Selección del electrodo.**

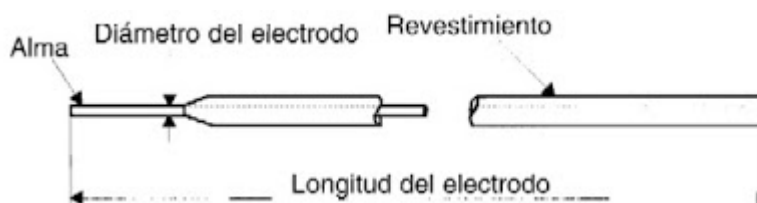
Escoger el electrodo adecuado es materia de analizar las condiciones del trabajo en particular, y luego determinar el tipo y diámetro del electrodo que más se adapte a estas condiciones. Este análisis es relativamente simple si el operador se habitúa a considerar primero los siguientes factores:

- A.** Naturaleza del metal base.
- B.** Dimensiones de la sección a soldar
- C.** Tipo de corriente que entrega su máquina soldadora AC (Corriente Alterna) o (Corriente Directa)
- D.** Posición a soldar.
- E.** Tipo de unión y fijación de la pieza.
- F.** Características especiales que requiere la soldadura como: Resistencia a la corrosión, resistencia a la tracción, etc.

**G.** Especificación de algunas normas que se debe cumplir la soldadura: el organismo que dicta las especificaciones o requerimientos que debe cumplir las uniones soldadas, por lo general se usan las normas de A.W.S. (American Welding Society), Sociedad Americana de Soldadura.

### 1.3.2 Partes de un electrodo.

Figura. 1.5 Partes de un electrodo.



**Alma:** Es la parte central del electrodo que es un conductor eléctrico y es el material de aportación.

**Revestimiento:** el cebado del arco, genera una pantalla de gases de protección, estabiliza el arco y protege el baño de fusión con una capa de escoria.

### 1.3.3 Clasificación de los electrodos para soldadura.

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society (A.W.S) y a la American Society Mechanical Engineers (ASME).

Las diferentes características de operación de entre los electrodos existentes en el mercado son atribuidas al revestimiento que cubre al alambre del electrodo. Por otro lado, este alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010 que tiene un porcentaje de carbono de 0.08-0.12C% para la serie de electrodos más comunes.

#### 1.3.1 Clasificación de electrodos para aceros al carbono.

En la especificación tentativa de electrodos para soldar hierro dulce, la A.W.S. ha adoptado una serie de 4 ó 5 números siguiendo a la letra E. Esta letra E significa que el electrodo es para soldadura por arco (electrodo revestido).

Las 2 primeras cifras de un número de 4, ó las 3 primeras de un número de 5 significa la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada (esfuerzos relevados) del metal depositado. La penúltima cifra significa la oposición en que se debe de aplicar (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza). La última cifra significa el tipo de

corriente (alterna o corriente continua), el tipo de escoria, tipo de arco, penetración y presencia de elementos químicos.

**Tabla 1.2 Nomenclaturas de los electrodos para aceros al carbono.**

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 ó 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción  (Esfuerzos relevados)	E 60 XX = 60000 lbs/pulg2 (Mínimo) E 110 XX = 110000 lbs/pulg2 (Mínimo)
Penúltima	Posición de Soldadura	E XX1X = Toda posición E XX2X = Plana Horizontal E XX3X = Plana
Ultima	Tipo de Corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el revestimiento.	Ver Tabla 2

**Fuente:** Manual del soldador oxgasa.

A continuación, se adjunta una tabla interpretativa para el último dígito, según la clasificación AWS de electrodos:

**Tabla 1.3: Interpretativa para el último dígito.**

Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX10	CCPI Polaridad inversa	Orgánico <sup>(1)</sup>	Fuerte	Profunda <sup>(2)</sup>
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
E XX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
E XX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
E XX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
E XX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

E XX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
E XX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

Fuente: [www.ingemecanica.com](http://www.ingemecanica.com)

### 1.3.2 Clasificación de electrodos para aceros de baja aleación.

La especificación AWS A5.5. que se aplica a los electrodos para soldadura de aceros de baja aleación utiliza la misma designación de la AWS A5.1. con excepción de los códigos para designación que aparecen después del guion opcionales. En su lugar, utiliza sufijos que constan de una letra o de una letra y un número, los cuales indican el porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura, de acuerdo con el siguiente cuadro:

**Tabla 1.3.1: Porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura.**

A1	0.5% Mo
B1	0.5% Cr, 0.5% Mo
B2	1.25% Cr, 0.5% Mo
B3	2.25% Cr, 1.0% Mo
B4	2.0% Cr, 0.5% Mo
B5	0.5% Cr, 1.0% Mo
C1	2.5% Ni
C2	3.25% Ni
C3	1.0% Ni, 0.35% Mo, 0.15% Cr
D1 y D2	0.25-0.45% Mo, 1.75% Mn
3G(*)	0.5% mín. Ni, 0.3% mín. Cr, 0.2% mín Mo, 0.1% mín. V, 1.0% mín Mn

Fuente: [www.ingemecanica.com](http://www.ingemecanica.com)

#### 1.3.2.1 Clasificación de electrodos para aceros inoxidables.

La especificación AWS A5.4 dicta las normas de clasificación de electrodos para soldar aceros inoxidables. Al igual que en los casos anteriores, el sistema de clasificación de estos electrodos también es numérico.

Conviene resaltar que los aceros inoxidables sean identificados como indica la norma AISI. La especificación AWS A5.4, que se refiere a los electrodos para soldadura de aceros inoxidables, trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXX-YZ

**E**, electrodo para soldadura por arco.

**XXX**, Numeración que se corresponde a la Clase AISI de acero inoxidable.

**Y**, Posición en que puede utilizarse.

**Z**, El último número señala el tipo de revestimiento, la clase de corriente y la polaridad a utilizarse, de la siguiente forma:

**5**, tiene un revestimiento alcalino que debe utilizarse únicamente con corriente continua y polaridad inversa (el cable del porta-electrodo o pinza al polo positivo)

**6**, tiene un revestimiento de titanio, que podrá emplearse con corriente alterna o corriente continua. Cuando se utilice con corriente continua ésta debe ser con polaridad inversa (el cable del porta-electrodo o pinza al polo positivo).

#### **Algunos ejemplos de electrodos para soldaduras de acero inoxidable.**

AWS E308L-16: Es un electrodo rutílico básico para aceros inoxidables austeníticos (301, 302, 304, 308). De los electrodos de acero inoxidable es de los más utilizados.

AWS E316-L16: Electrodo rutílico-básico para soldadura de acero inoxidable. Resistente a la corrosión severa.

#### **1.3.2.2 Criterio de selección de electrodos.**

- Se tiene que identificar el material base.
- Tipo de corriente de operación (alterna o continua).
- Posición para soldad.
- Espesor y geometría.
- Condiciones de trabajo y especificaciones técnicas de la unión.

### **1.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELECTRODOS A UTILIZAR.**

#### **1.4.1 Electrodo AWS E7018.**

El electrodo 7018-RH es de bajo contenido de Hidrogeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco es suave y la perdida por salpicadura es baja.

#### **Características:**

- Electrodo para todas las aplicaciones de aceros al carbono
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo (CCEP), CA
- Excelentes propiedades de impacto a temperaturas bajo cero

**Tabla 1.4: Datos técnico E7018.**

<b>Composición química (típica) del metal depositado:</b>				
C 0,08%; Mn 0,88%; Si 0,55%; P 0,020%; S 0,011%				
<b>Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):</b>				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 570 MPa Límite de fluencia : 477 MPa Alargamiento en 50 mm : 24%	490 MPa 400 MPa 17%	30J a 0°C	No especificado	
<b>Amperajes recomendados:</b>				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
*2,4	300	90	120	50
3,2	350	120	150	20
4,0	350	150	230	13
*4,8	350	230	300	8

Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

1.4.2 Electrodo AWS E6010.

El AWS E6010 es un electrodo revestido alto contenido de celulosa, diseñado para proporcionar un arco uniforme y estable con suficiente fuerza para lograr una penetración profunda dentro del metal base. Este electrodo muestra una gran eficiencia de deposición y poca pérdida por salpicadura. Produce un charco de soldadura que se humedece y distribuye bien, mientras que se fija con suficiente rapidez para hacer que este electrodo se ha ideal par a técnicas de soldadura vertical hacia arriba o hacia abajo. Los electrodos E6010 producen un Cordón piano de soldadura con ondulaciones gruesas y un a escoria delgada de fácil remoción. Los electrodos E6010 pueden utilizarse en posiciones planas, horizontales, verticales o elevadas.

**Tabla 1.4.1: Datos técnicos E6010.**

<b>Composición química (típica del metal depositado):</b>				
C 0,11%; Mn 0,55%; Si 0,24%; P 0,014%; S 0,008%				
<b>Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):</b>				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 500 MPa Límite de fluencia : 414 MPa Alargamiento en 50 mm : 26%	430 MPa 330 MPa 22%	38J a -30°C	27J a -30°C	
<b>Amperajes recomendados:</b>				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	60	90	75
3,2	350	80	110	35
4,0	350	110	160	24
4,8	350	150	200	17

Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

### 1.4.3 Electrodo AWS E6011.

Los electrodos E6011 tienen las mismas características que los E6010; sin embargo, a diferencia del E6010. este electrodo puede utilizarse con soldaduras pequeñas de corriente alterna, así como los tipos de corriente directa. Los electrodos E6011 con alto contenido de celulosa brindan una estabilidad de arco excelente, una ductilidad aumentada, una eficiencia alta de posición y poca salpicadura. Este electrodo combina una fuerza en el arco con una solidificación rápida del metal de soldadura que permite posiciones de soldadura verticales o elevadas, así como planas y horizontales. El E6011 es especialmente apropiado para soldar donde hay poco ajuste en las ranuras y acero oxidado o aceitoso.

**Tabla 1.4.2: Datos técnicos E6011.**

<b>Composición química (típica) del metal depositado:</b>				
C 0,11%; Mn 0,57%; Si 0,24%; P 0,012%; S 0,020%				
<b>Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):</b>				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte		Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 483 MPa		430 MPa	49J a -30°C	27J a -30°C
Límite de fluencia : 411 MPa		330 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 24%		22%		
<b>Amperajes recomendados:</b>				
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	50	90	70
3,2	350	80	130	35
4,0	350	120	160	25
*4,8	350	160	220	17

Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

### 1.4.4 Determinar el diámetro del electrodo de acuerdo con el trabajo a realizar.

La medida de un electrodo que va a usarse dependerá de varios factores

- A. Espesor del metal a soldar
- B. Que tan separados queden los fillos de la unión
- C. Posición de la unión
- D. Destreza para el soldador

**Tabla 1.5: Diámetros y amperajes recomendados.**

Posición Plana Espesor del Metal	Medida del Electrodo	Amperaje Aproximado
Calibre 18	3/32"	50 - 80
Calibre 16	3/32"	
Calibre 14	1/8"	90 - 135
Calibre 12	1/8"	
Calibre 10	5/32" ó 1/8"	120 - 175
3/16"	5/32" ó 1/8"	
1/4"	3/16" ó 5/32"	140 - 200
5/16"	3/16" ó 5/32"	200 - 275
3/8"	1/4" ó 3/16"	
1/2"	1/4" ó 3/16"	250 - 350
3/4"	1/4"	
1"	1/4"	325 - 400

**Fuente:** Manual del soldador oxgasa.

#### 1.4.5 Selección del amperaje de soldadura.

Si el amperaje es muy alto el electrodo se fundirá rápidamente y el baño de fusión será extenso o irregular, por el contrario, si el amperaje es muy bajo no habrá calor suficiente para fundir el metal base y el baño será pequeño, abultado y de aspecto irregular.

Se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar la corriente (A).

$$I = 50 * (\varnothing - 1)$$

el  $\varnothing$  del electrodo se tiene que considerar en milímetros.

*ejemplo:* electrodo de 1/8

$$I = 50 * (\varnothing - 1)$$

$$I = 50 * (3.2 \text{ mm} - 1)$$

$$I = 50 * 2.2 \text{ mm}$$

$$I = 110 \text{ amperes}$$

Se tiene que considerar que es una referencia, por lo tanto, no será un valor fijo.

(referencia clases de soldadura Universidad Federico Santa Maria).

**Tabla1.5.1: Referencia.**

$\varnothing$ electrodo Pulg. - mm	Longitud Pulg. - mm	Amperaje Min. – Max.
3/32” - 2,4mm	14” - 350mm	40 Amp a 60 Amp
1/8” - 3,2mm	14” - 350mm	60 Amp. a 80 Amp.
5/32” - 4,0mm	14” - 350mm	80 Amp. a 120 Amp.
3/16” - 4,8mm	14” - 350mm	120 Amp. a 180 Amp
1/ 4” - 6,4mm	18” - 450mm	180 Amp. a 300 Amp.

**Fuente:** Manual del soldador oxgasa.

#### 1.4.6 Velocidad de soldadura.

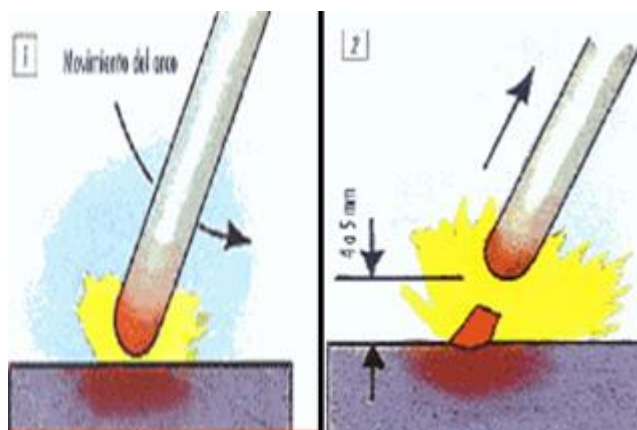
La velocidad de avance o de desplazamiento es la tasa de movimiento lineal del arco a lo largo de la junta a soldar. Con todas las otras condiciones constantes, la penetración de la soldadura es máxima con una velocidad de avance intermedia. Cuando se reduce la velocidad de avance, se aumenta la deposición del metal de aporte por unidad de longitud. A velocidades muy bajas, el arco de soldadura actúa más en el charco de metal de soldadura que sobre el metal base con lo que se reduce la penetración efectiva; esta condición también produce un cordón de soldadura más ancho. En la medida en que se aumenta la velocidad de avance, la cantidad de energía térmica por unidad de longitud de soldadura transferida desde el arco hacia el metal base al principio se aumenta, ya que el arco actúa más directamente sobre el metal base. Con un aumento adicional en la velocidad de avance, se transferirá hacia el metal base menos energía térmica por unidad de longitud de soldadura. Por lo tanto, la fusión del metal base primero se aumenta y luego se disminuye cuando se incrementa la velocidad de avance. Si se aumenta todavía más la velocidad de avance, habrá una tendencia a producir socavado a lo largo de los bordes del cordón de soldadura debido a que hay insuficiente deposición de metal de aporte para llenar el trayecto fundido por el arco.

#### 1.4.7 Longitud del Arco.

la longitud del arco deberá ser aproximadamente igual al diámetro del electrodo. Para las soldaduras en posición, se prefieren los arcos cortos (son más eficientes), Para las soldaduras fuera de posición, es permisible utilizar longitudes de arco variables a fin de

controlar el tamaño de la poza de fusión. La longitud de arco es controlada por la destreza del operador.

Figura.1.6 Longitud del arco.



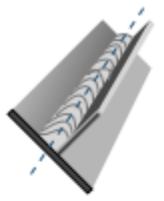
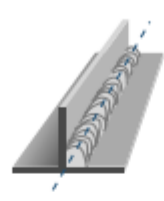
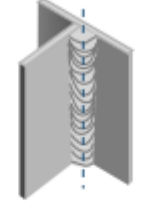
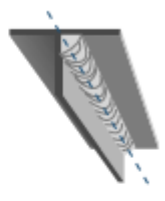
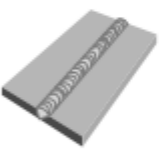






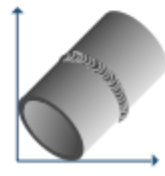
#### 1.4.8 Cordones, posiciones y patrones de soldadura con electrodo revestido (SMAW).

##### 1.4.8.1 Posiciones de la soldadura.

En soldadura existen distintas posiciones de soldeo, tanto en ángulo o de rincón designada con la letra F y la soldadura a tope designada con la letra G según la normativa americana (A.W.S.).

- Posición 1F: Soldadura acunada o plana y una de las chapas inclinadas a 45° más o menos.
- Posición 2F: Soldadura horizontal y una de las chapas en vertical.
- Posición 3F: Soldadura vertical con ambas chapas en vertical; en la normativa americana tanto la soldadura ascendente como descendente sigue siendo la 3F.
- Posición 4F: Soldadura bajo techo.
- Posición 1G: Chapas horizontales, soldadura plana o sobremesa.
- Posición 2G: Chapas verticales con eje de soldaduras horizontales, o también denominado de cornisa.
- Posición 3G: Soldadura vertical ascendente, soldadura vertical descendente.
- Posición 4G: Soldadura bajo techo.
- Posición 1G: Tuberías horizontales, con movimiento de rotación o revolución; soldadura "plana", el depósito del material de aporte se realiza en la parte superior del tubo o caño.
- Posición 2G: Tuberías verticales e inmóviles durante el soldeo, o también denominado de cornisa.
- Posición 5G: Tuberías horizontales e inmóviles; Esta posición abarca todas las posiciones, soldadura plana, vertical y bajo techo.
- Posición 6G: Tuberías inmóviles con sus ejes inclinados a 45° más o menos; Esta soldadura abarca: soldadura bajo techo, vertical y plana.

**Tabla 1.6: Designación de acuerdo con ANSI/AWS A3.0:2001.**

Piano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza
<b>Uniones de filete</b>			
 1F	 2F	 3F	 4F
<b>Uniones biseladas</b>			
 1G	 2G	 3G	 4G
<b>Uniones de tuberías</b>			
<p>La tubería se rota mientras se suelda</p>  1G	 2G	<p>La tubería no se rota mientras se suelda</p>  5G	 6G

Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

#### 1.4.8.2 Cordones.

El patrón de soldadura circular a menudo se utiliza para soldaduras en posición plana con juntas a tope, en T, en esquinas exteriores y para aplicaciones de acumulación o superficie. El círculo se puede hacer más ancho o largo para cambiar el ancho o la penetración del cordón.

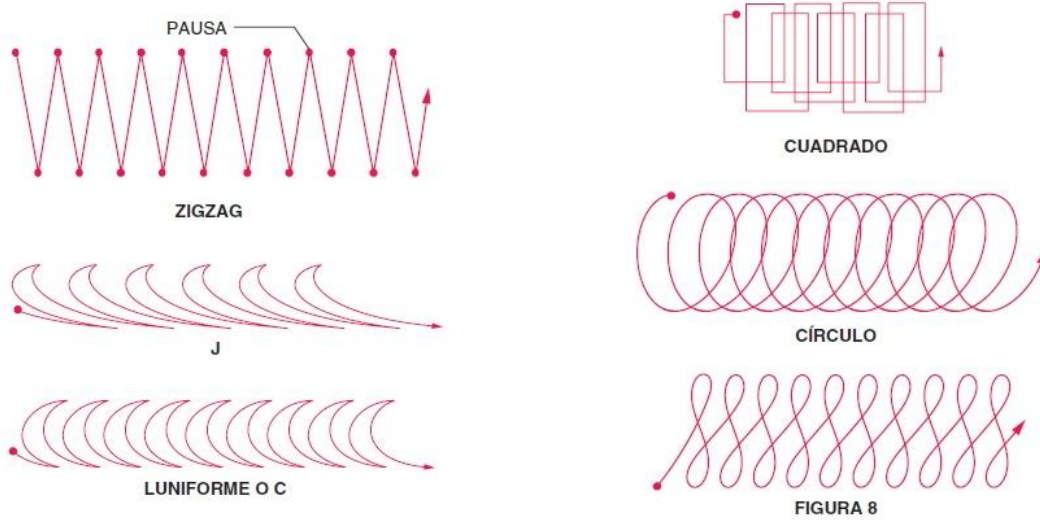
Los patrones de soldadura en "C" y cuadrados son buenos para la mayoría de las soldaduras 1G (planas) pero también se pueden usar para posiciones verticales (3G).

El patrón de soldadura en "J" funciona bien en juntas de solape planas (1F), todas las juntas verticales (3G) y soldaduras horizontales (2G) a tope y de solape (2F).

El patrón de soldadura con figura en forma de 8, al igual que el patrón de zigzag; se utiliza como pase de cubierta o acabado para las posiciones planas y verticales, es

importante destacar que nunca se debe tejer un cordón de soldadura con patrón en 8 más de dos y media veces el ancho del electrodo.

Figura.1.5: Patrones.



Fuente: [www.elraymaker.com](http://www.elraymaker.com)








## 1.5 PREPARACIÓN DE LOS BORDES.

### 1.5.1 Componentes de las juntas.

La identificación del tipo de soldadura está indicada en la geometría de la junta. La geometría de la junta es, “la forma y dimensión de una junta vista en sección transversal antes de ser soldada”. Cuando una junta es vista en sección transversal, la forma del borde de cada componente a ensamblar a menudo reseña el tipo y símbolo de soldadura especificado.

1.5.1.1 Geometría de bordes y uniones.

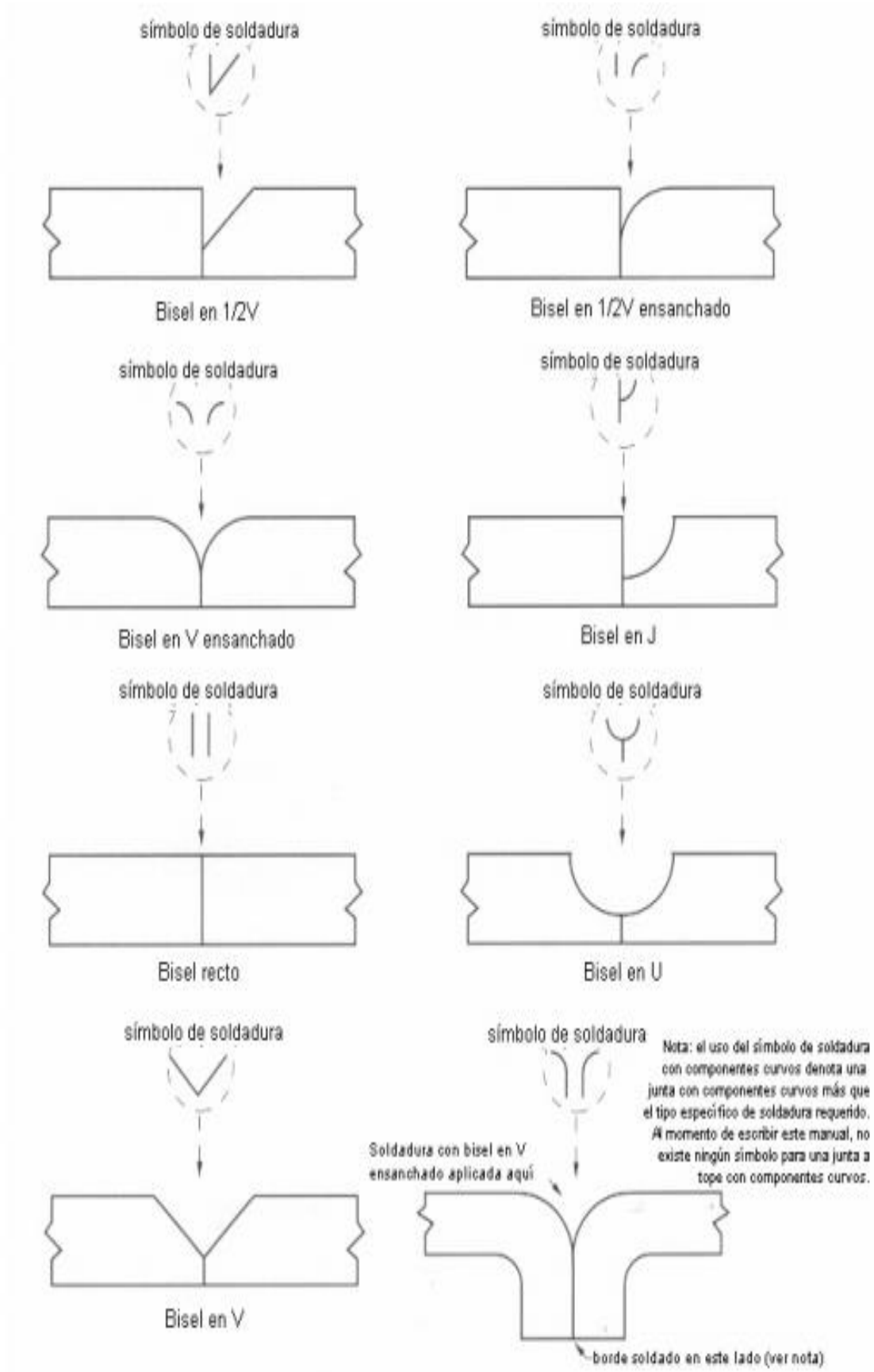
Figura. 1.6: Bordes.

 <b>(A) GEOMETRÍA DE BORDE RECTO</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Bisel en K  Bisel en 1/2V Bisel en 1/2V ensanchado	Bisel en J Bisel recto En borde Filete
 <b>(B) GEOMETRÍA DE BORDE EN 1/2V</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Bisel en 1/2V ensanchado Bisel en V	
 <b>(C) GEOMETRÍA DE BORDE EN DOBLE 1/2V</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Bisel en K Bisel en V	
 <b>(D) GEOMETRÍA DE BORDE EN J</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Bisel en J Bisel en U	
 <b>(E) GEOMETRÍA DE BORDE EN DOBLE J</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Doble bisel en J Doble bisel en U	
 <b>(F) GEOMETRÍA DE BORDE CURVO</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Doble bisel en 1/2V ensanchado Bisel en 1/2V ensanchado En borde Filete	Proyección Costura Punto
 <b>(G) GEOMETRÍA DE BORDE REDONDO</b>	<b>SOLDADURAS APLICABLES</b> Doble bisel en 1/2V ensanchado Doble bisel en V ensanchado	

**Fuente:** Tecnología de Inspección de Soldadura Módulo 4 - Geometría de las Juntas de Soldadura y Simbología de Soldadura.

Existen una gran variedad de geometría, La geometría dependerá directamente del tipo de unión a realizar para esto se deberá realizar un estudio de la pieza y el trabajo que será sometido la misma.

Figura. 1.6.1: Simbología.



**Fuente:** Tecnología de Inspección de Soldadura Módulo 4 – Geometría de las Juntas de Soldadura y Simbología de Soldadura

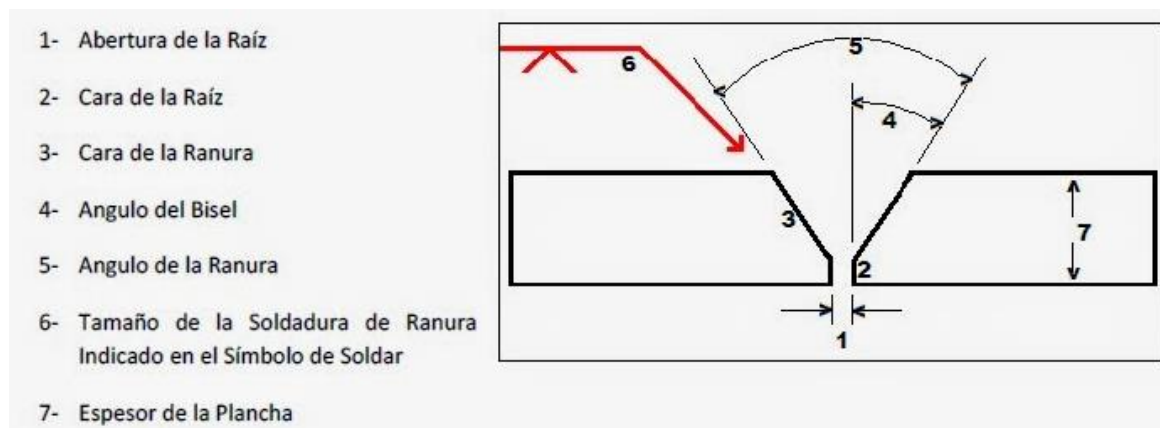
La simbología es una parte fundamental a la hora de realizar estructuras metálicas. Ya que al existir un símbolo que represente una unión cualquier persona relacionada con el trabajo lo podrá interpretar de la misma forma.

### 1.5.2 Partes de la junta soldada.

Una vez que el tipo de junta es identificado, puede ser necesario describir exactamente el diseño de junta requerido. Para hacer esto, el personal de soldadura e inspección debe ser capaz de identificar aspectos individuales que hagan de la geometría de la junta una junta particular. La nomenclatura asociada con estos aspectos incluye:

- Raíz de la junta
- Superficie de bisel
- superficie de la raíz
- Borde de la raíz
- Abertura de raíz
- Chaflán
- Ángulo de chaflán
- Ángulos de bisel
- Radio del bisel

Figura.1.7 Partes de la junta.



**Fuente:** <https://proyectopiping.blogspot.com/2014/07/terminos-y-definiciones-de-soldadura.html>

Dependiendo del diseño de la junta, la geometría de la junta puede tomar (ligeramente) diferentes formas. Un ejemplo es la raíz de la junta.

La raíz de la junta se define como “la parte de una junta a ser soldada donde los componentes se aproximan lo más próximamente entre sí. En sección transversal, la raíz de la junta puede ser una línea, un punto o un área.” Las raíces de juntas son mostradas como áreas sombreadas en las próximas imágenes, o como una línea oscura en los esquemas próximos.

La superficie de la raíz (generalmente llamada land) es “la porción de la superficie del bisel dentro de la raíz de la junta”.

**borde de la raíz**, es definida como “una superficie de la raíz de ancho cero”.

La **abertura de raíz** es descrita como “la separación entre las piezas de trabajo en la raíz de la junta”.

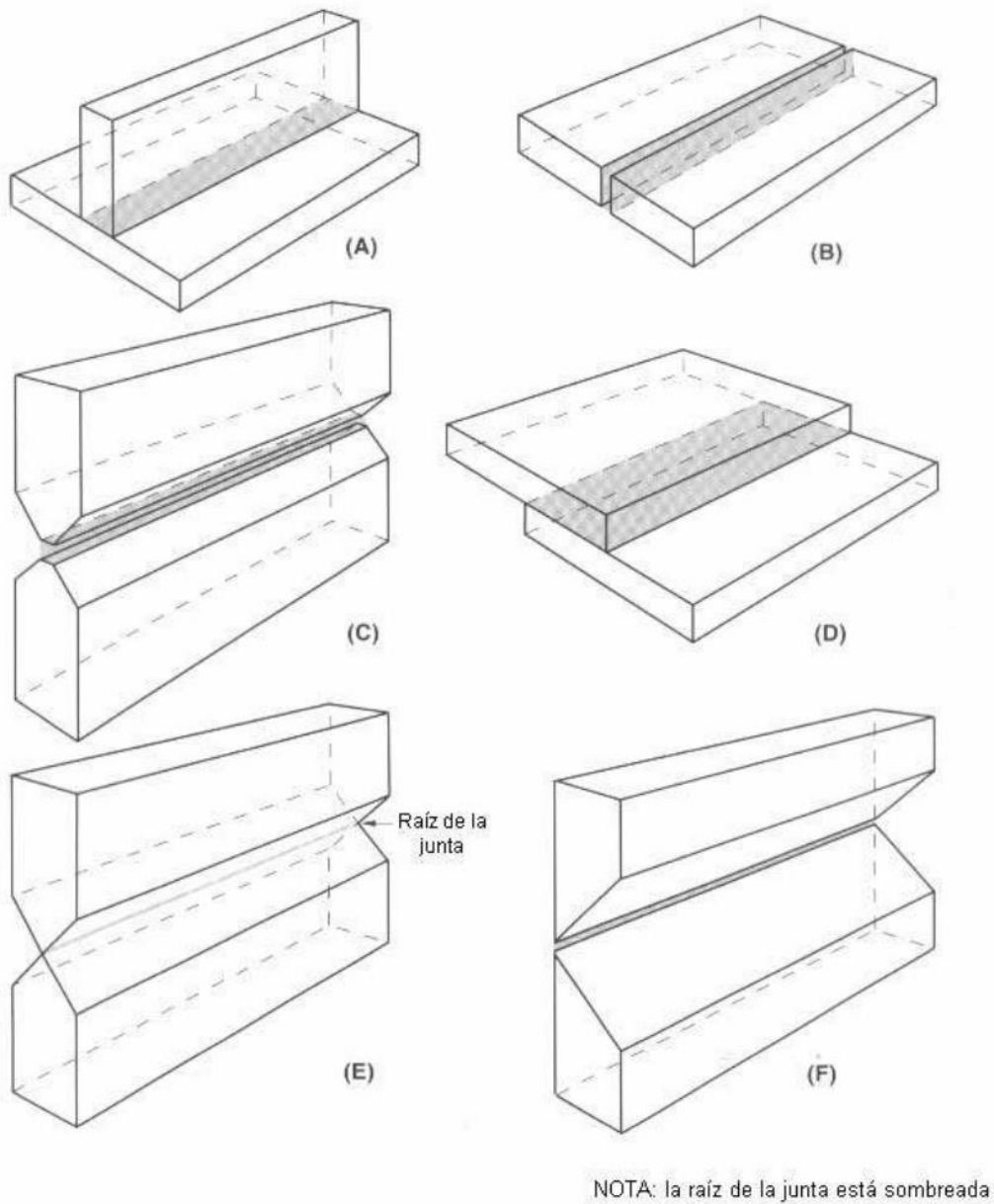
El **chaflán** es “una preparación de un borde angular”.

El **ángulo de chaflán** es definido como “el ángulo entre el chaflán de un componente de la junta y un plano perpendicular a la superficie del componente”.

**Ángulo de bisel** es, “el ángulo total incluido del bisel entre las piezas de trabajo”.

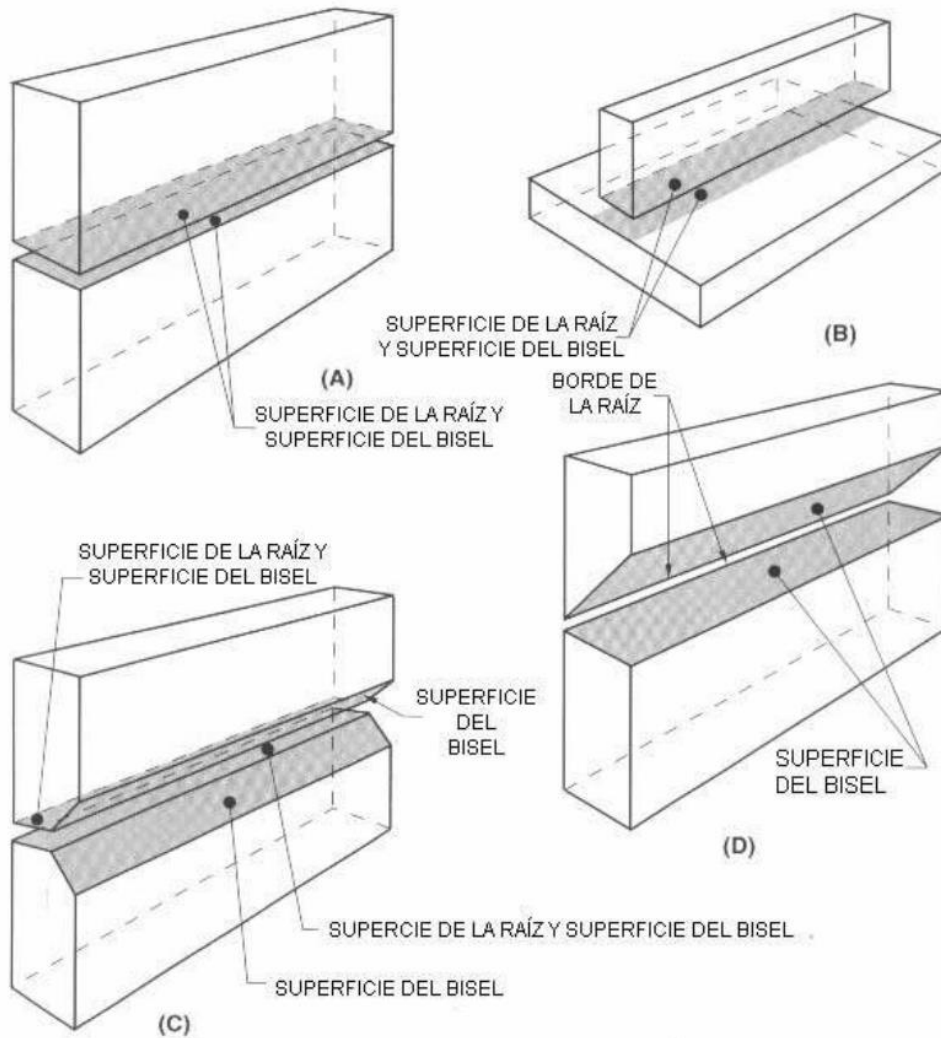
soldaduras con **bisel en J o en U**. Éste es descrito como “el radio usado para dar la forma”.

Figura.1.8: Uniones



**Fuente:** Tecnología de Inspección de Soldadura Módulo 4 - Geometría de las Juntas de Soldadura y Simbología de Soldadura.

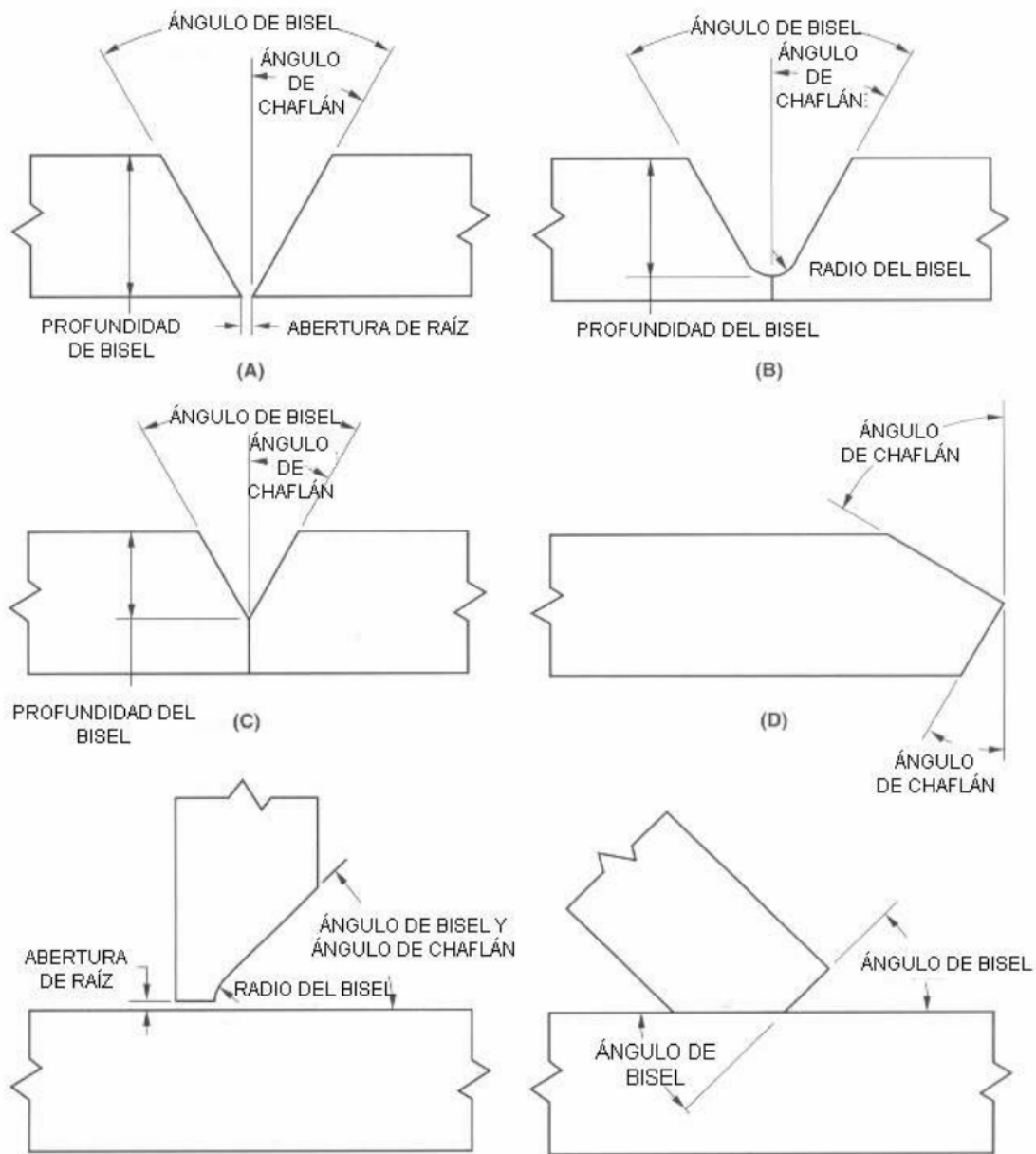
Figura.1.8.1: Uniones.



**Fuente:** Tecnología de Inspección de Soldadura Módulo 4 - Geometría de las Juntas de Soldadura y Simbología de Soldadura.

En la imagen anterior se puede mostrar las partes más relevantes de una unión, las cuales pueden ir variando debido a la geometría de la junta.

Figura. 1.9: Geometría.



**Fuente:** Tecnología de Inspección de Soldadura Módulo 4 - Geometría de las Juntas de Soldadura y Simbología de Soldadura.

## 1.6 IMPERFECCIONES DE LAS UNIONES SOLDADAS.

En este punto se hablará de distintos tipos de imperfecciones en las uniones soldadas.

### 1.6.1 Discontinuidades.

Una discontinuidad es la pérdida de la homogeneidad del material que afecta la regularidad de un cordón de soldadura y puede aparecer en cualquier momento durante la elaboración del cordón.

Discontinuidad inherente: Se crea durante la producción inicial, es decir desde el estado de fusión del material base o de aporte.

Discontinuidad de proceso: Se produce durante procesos posteriores de fabricación o Terminado.

Discontinuidad de servicio: Se producen durante el uso del producto debido a circunstancias ambientales, de carga, o de ambas.

Un defecto es una discontinuidad o grupo de discontinuidades cuyas indicaciones no cumplen con los criterios de aceptación especificados, los defectos que pueden presentarse en las uniones soldadas dependen generalmente de diversas causas y factores.

Unos de ellos pueden ser uso de parámetros incorrecto, tipo y calidad de los materiales (metal base y electrodos), influencia del medio ambiente, fallas humanas (preparación y experiencia del operador).

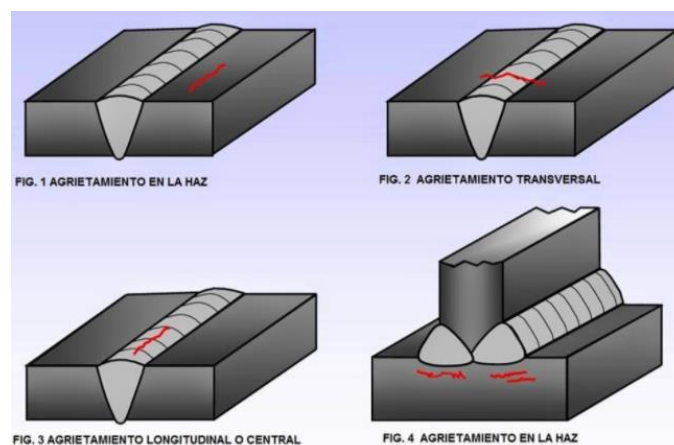
Los defectos que pueden presentarse se pueden dividir en seis grupos principales: Fisuras y grietas, cavidades y poros, Inclusiones sólidas, Falta de fusión y penetración, Defectos de forma externos, Defectos varios no incluidos en los grupos anteriores.

### 1.6.2 Fisuras.

Es la discontinuidad más crítica debido a que se caracteriza por ser una discontinuidad lineal y sus extremos presentan formas agudas, por lo que tienden a crecer y extenderse, en especial en elementos sometidos a cargas de fatiga.

Las fisuras se generan cuando las cargas aplicadas a los elementos soldados exceden su límite de resistencia a la rotura (Sut), esto puede suceder al momento de soldar, inmediatamente después de soldar, o cuando el elemento es sometido a la carga que debe soportar, la presencia de concentradores de esfuerzos produce que la carga en ese punto supere el del material y por consiguiente la aparición de una fisura.

Figura.1.10: Fisuras.



**Fuente:** [weld.blogspot.com/2014/07/esquemas-de-tipo-de-soldadura-en-angulo.html](http://weld.blogspot.com/2014/07/esquemas-de-tipo-de-soldadura-en-angulo.html)

### 1.6.3 Fisuras en caliente y fisuras en frío.

Las fisuras en caliente ocurren cuando el metal se encuentra en proceso de solidificación, encontrándose inicialmente a una temperatura muy elevada, la propagación de las fisuras es intergranular, las fisuras en frío ocurren después de que el material se ha enfriado hasta llegar a la temperatura ambiente, es decir son fisuras que se generan al momento en que el elemento soldado es sometido a condiciones de trabajo, la propagación de las fisuras puede ser intergranular o transgranular.

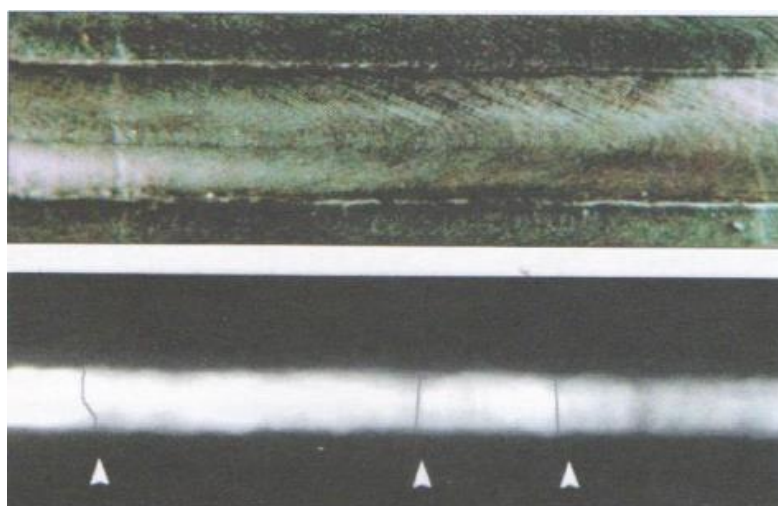
### 1.6.4 Fisuras de acuerdo con la dirección de propagación.

De acuerdo con la dirección respecto al eje longitudinal de la soldadura, las fisuras que se producen paralelas al cordón de soldadura se las conoce como fisuras longitudinales, y las fisuras que se encuentran perpendiculares al cordón de soldadura se las denomina fisuras transversales, las fisuras longitudinales pueden resultar de esfuerzos de contracciones transversales en la soldadura o de esfuerzos asociados con las condiciones de trabajo del elemento soldado, como se puede observar en la figura.

Las fisuras transversales son ocasionadas generalmente por esfuerzos de contracción longitudinales en la soldadura, que actúan en metales base o en soldaduras de baja ductilidad.

En la figura se puede observar la radiográfica de un cordón de soldadura que presenta fisuras transversales.

Figura.1.10.1: Fisura transversal.



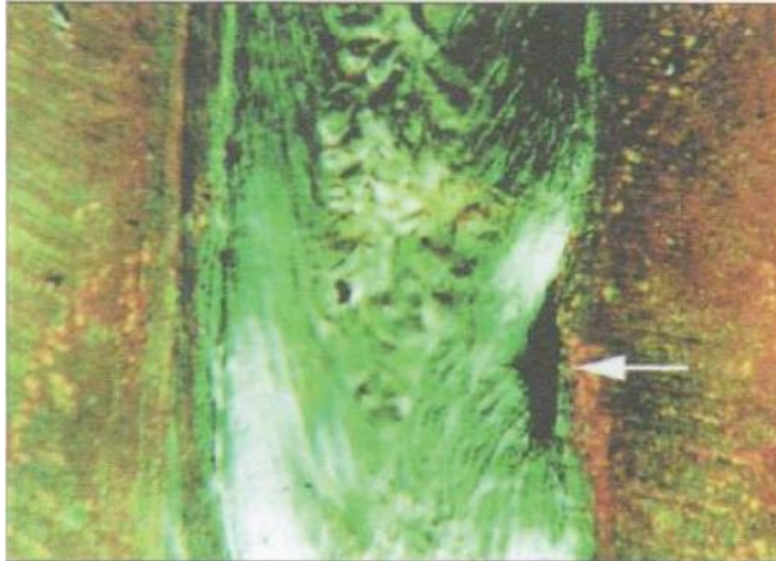
**Fuente:** aws, welding inspection technology (2008).

### 1.6.5 Falta de fusión.

Es una discontinuidad en la cual como su nombre lo dice existe una fusión incompleta entre el metal de soldadura y las paredes del bisel del metal base o cordones de soldadura adyacentes, es una discontinuidad relevante debido a su geometría lineal y sus extremos en

forma de punta. Es una discontinuidad que se la puede encontrar superficial o subsuperficial, debido a que puede existir falta de fusión entre los cordones internos o subsuperficiales como se observa en la figura.

Figura.1.11: Falta de fusión superficial.



**Fuente:** aws, welding inspection technology (2008).

La causa más común de esta discontinuidad es la mala técnica del soldador al momento de realizar el cordón de soldadura, contaminación excesiva, como también una junta mal diseñada.

#### 1.6.6 Falta de penetración en la junta.

Esta discontinuidad se produce cuando el metal soldado no llega a extenderse a través de toda la junta, es decir hay una falta de penetración. Se ubica adyacente a la raíz de la junta. Las causas son las mismas que se presentan en la falta de fusión: técnica inapropiada por parte del soldador, contaminación excesiva o juntas mal diseñadas. Lo que se puede observar en la imagen radiográfica es una línea que se ubica en el centro de la junta la cual es mucho más oscura que la que se observa en una falta de fusión.

Figura.1.12: Falta de penetración.



**Fuente:** aws, welding inspection technology (2008).

### 1.6.7 Solapado.

El solapado es una discontinuidad superficial que se caracteriza por ser un exceso de metal soldado lo cual va más allá del tobillo del cordón de soldadura.

El solapado es una discontinuidad relevante ya que la unión del metal de soldadura con el metal base se puede apreciar que se forma una cavidad, esta geometría es un precursor de concentración de esfuerzos, dando lugar a una posterior fisura, en especial en estructuras sometidas a cargas de fatiga.

La causa más común es una inadecuada técnica por parte del soldador, cuando la velocidad de soldadura no es la suficiente, el material de soldadura quedará en exceso dando lugar a estos excesos de metal soldado las cuales yacen en el material base sin fundirse, como se puede apreciar en la figura, un cordón solapado en una soldadura a filete.

Figura.1.13: Solapado.



**Fuente:** aws, welding inspection technology (2008).

Este defecto se es debido a una falta de penetración y fusión del material de aportación con el material base, se puede evitar con un correcto electrodo y un amperaje adecuado.

Figura.1.14: Mal aspecto.

**Mal aspecto**



#### **Causas probables:**

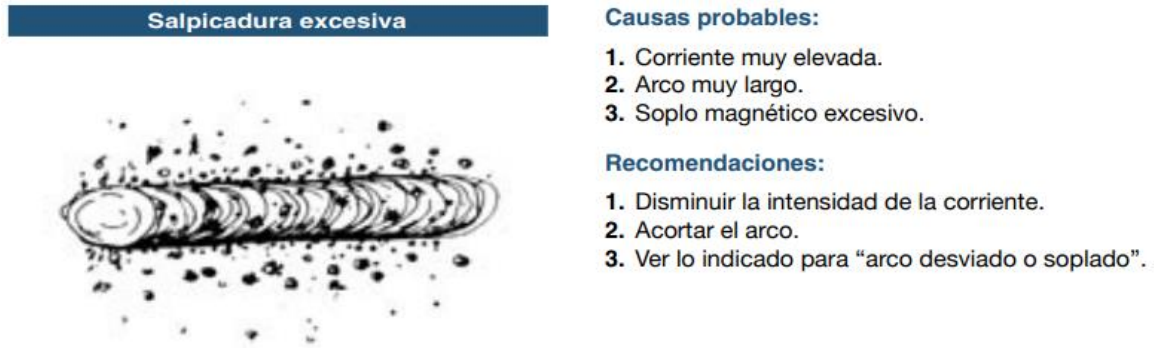
1. Conexiones defectuosas.
2. Recalentamiento.
3. Electrodo inadecuado.
4. Longitud de arco y amperaje inadecuado.

#### **Recomendaciones:**

1. Usar la longitud de arco, el ángulo (posición) del electrodo y la velocidad de avance adecuados.
2. Evitar el recalentamiento.
3. Usar un vaivén uniforme.
4. Evitar usar corriente demasiado elevada.

**Fuente:** [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

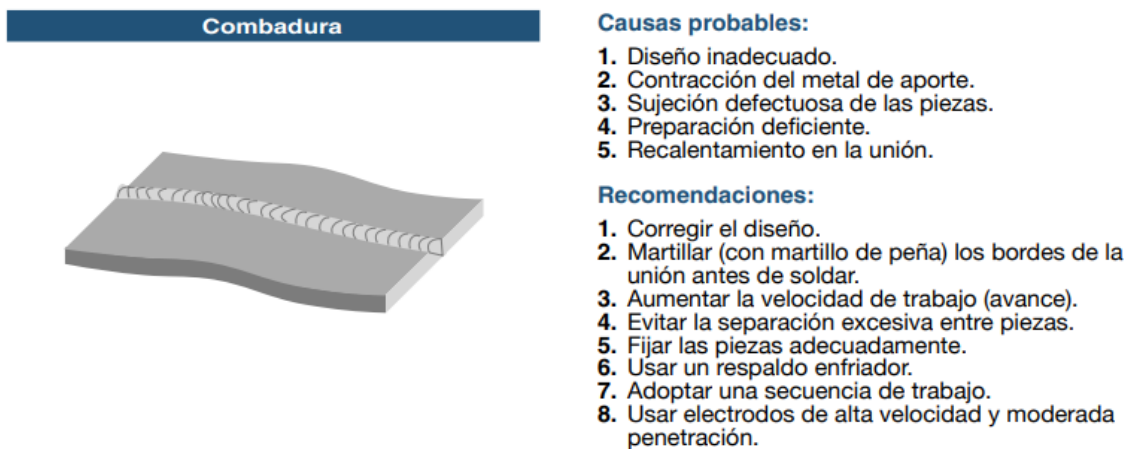
Figura.1.15: Salpicadura.



Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

Es uno de los defectos más comunes y fáciles de obtener, esto se puede corregir a través de la corriente (A).

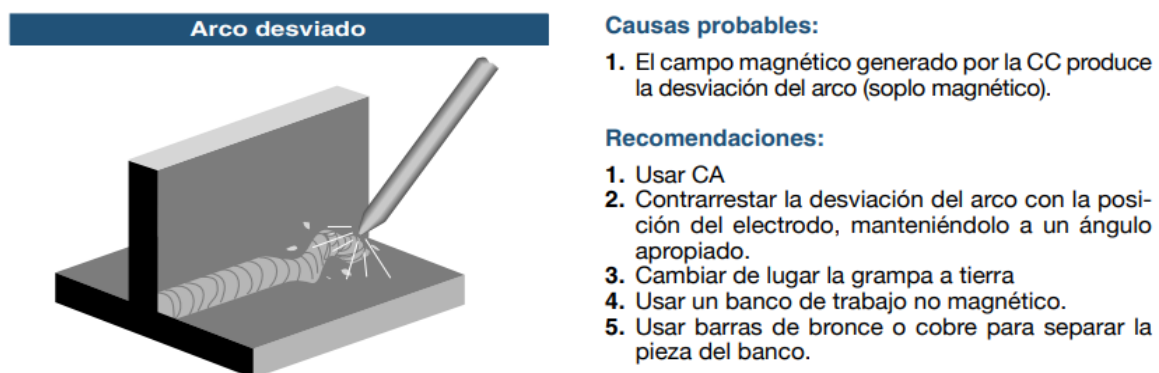
Figura.1.16: Combadura.



Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

Este defecto se presenta al momento de no fijar la pieza en una superficie plana, un factor importante es la temperatura del arco y la temperatura del habiente.

Figura.1.17: Arco desviado.

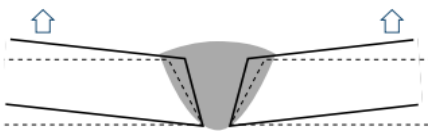


Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

Se produce a través de los campos magnéticos de la maquina y de la corriente de la misma, también se puede ver afectado por el estado de la tierra y por las influencias del alrededor.

Figura.1.18: Distorsión.

### Distorsión (deformación)



#### Causas probables:

1. Calentamiento desigual o irregular.
2. Orden (secuencia) inadecuado de operación.
3. Contracción del metal de aporte.

#### Recomendaciones:

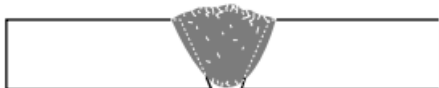
1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.
2. Conformer las piezas antes de soldarlas.
3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.
5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.

Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

Este defecto se presenta cuando el material de aportación se solidifica y se contrae produciendo un levantamiento de la pieza, esto se puede controlar a través de una fijación de la pieza en una superficie plana.

Figura.1.19: Porosidad.

### Soldadura porosa



#### Causas probables:

1. Arco corto.
2. Corriente inadecuada.
3. Electrodo defectuoso.

#### Recomendaciones:

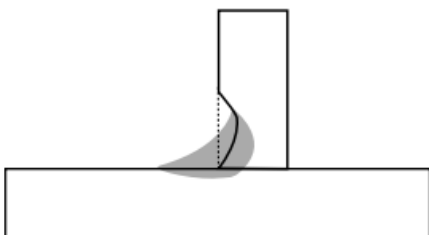
1. Averiguar si hay impurezas en el metal base.
2. Usar corriente adecuada.
3. Utilizar el vaivén para evitar sopladuras.
4. Usar un electrodo adecuado para el trabajo.
5. Mantener el arco más largo.
6. Usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno.

Fuente: [www.indura](http://www.indura)

Este defecto se presenta cuando el electrodo no se encuentra en sus óptimas condiciones, uno de sus factores es el recubrimiento del mismo, se puede encontrar con humedad o picado, esto causa que la atmósfera no sea la adecuada.

Figura.1.20: Socavado.

### Socavado



#### Causas probables:

1. Manejo defectuoso del electrodo.
2. Selección inadecuada del tipo de electrodo.
3. Corriente muy elevada.

#### Recomendaciones:

1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope.
2. Usar electrodo adecuado.
3. Evitar un vaivén exagerado.
4. Usar corriente moderada y soldar lentamente.
5. Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales.

Fuente: [www.indura.cl](http://www.indura.cl)

Se produce cuando el arco es muy corto y con una corriente muy elevada.

## **CÁPITULO 2: DISEÑO DE PROBETAS.**

## **2.1 INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo se considerará el diseño de las probetas las cuales deberán presentar una serie de defectos dependiendo de la probeta, los defectos deberán ser los típicos que se pueden identificar mediante una inspección visual:

- Fisuras
- Falta de fusión
- Falta de penetración
- Poros
- Solapado
- Socavado
- Mal aspecto
- Salpicadura
- Combadura arco desviado
- Distorsión

Para el caso del trabajo de título se considerará 6 defectos en 4 probetas, se realizará dos probetas a tope en “V” y dos en “T” los defectos a trabajar serán:

- Poros e inclusiones
- Salpicadura
- Falta de penetración
- Fisura
- Socavado
- Distorsión

## **1.6 SOLDADURA A TOPE.**

Las soldaduras a tope son muy utilizadas en las empresas relacionadas al área metalmeccánica, esta unión permite realizar uniones sin sobre poner piezas, para ello se fijan en los extremos.

- Ampliamente usadas en todos los métodos de soldadura.
- Bajo índice de tensiones y deformaciones.
- A partir de 4 hasta 8 mm de espesor, los bordes pueden ser rectos (o sea sin ninguna preparación).
- Espesores de 4 mm hasta 26 mm, se unen a tope con biselado unilateral de los bordes denominado en V.
- Espesor de 12 mm a 40 mm y más se sueldan previo biselado bilateral de los bordes, denominado en X.

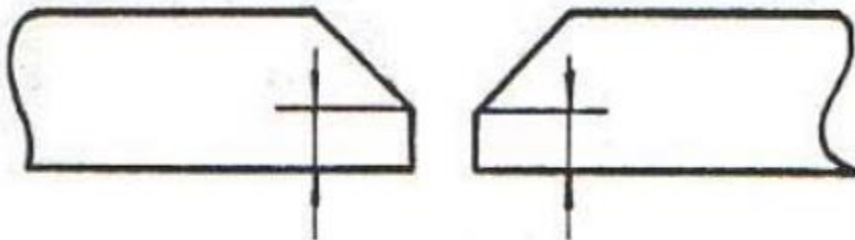
## **1.7 SOLDADURA EN T.**

- Ampliamente usadas en todos los métodos de soldadura.
- No necesita dimensionarse.
- Alta resistencia mecánica.
- La soldadura debe colocarse en el lado de la articulación sobre la cual se aplicará la presión.
- Los espesores de una unión en “T” pueden ser variados, El espesor determinara la cantidad de cordones a utilizar.

### **2.3.1 Proceso de ejecución “soldadura a tope”.**

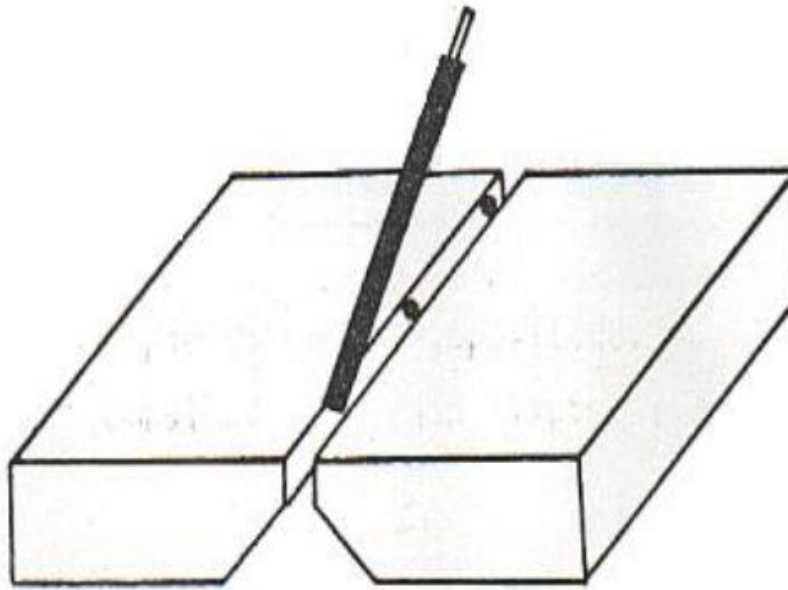
- Limpiar las piezas biseladas con cepillo de acero.
- Observar que la geometría de ambas piezas sean la misma (Angulo de bisel, talón).

Figura.2: Talón.



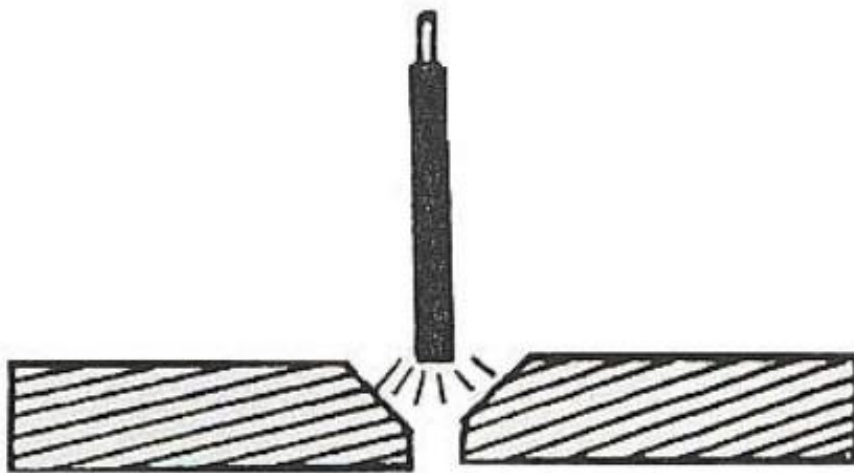
- Encender y regular la máquina de soldar.
- Ejecutar puntos de fijación los cuales deben ir a lo largo de la pieza.

Figura.2.1: Puntos de fijación



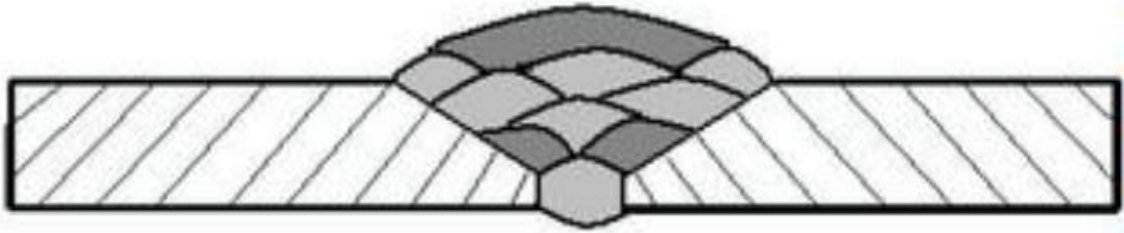
- Limpiar los puntos efectuados usando pica escoria y cepillo de acero.
- Precaución: Se tiene que tomar en cuentas todos los factores de seguridad en este punto ya que habrá proyección de partículas metálicas.
- Suelde.
- Iniciar el cordón de raíz.

Figura.2.1.1: Inicio de cordón dentro del bisel



- Inclinarse el electrodo y avanzar oscilando el electrodo.
- Una vez terminado el cordón se tiene que retirar la escoria.
- Realizar cordones hasta completar el biselado.

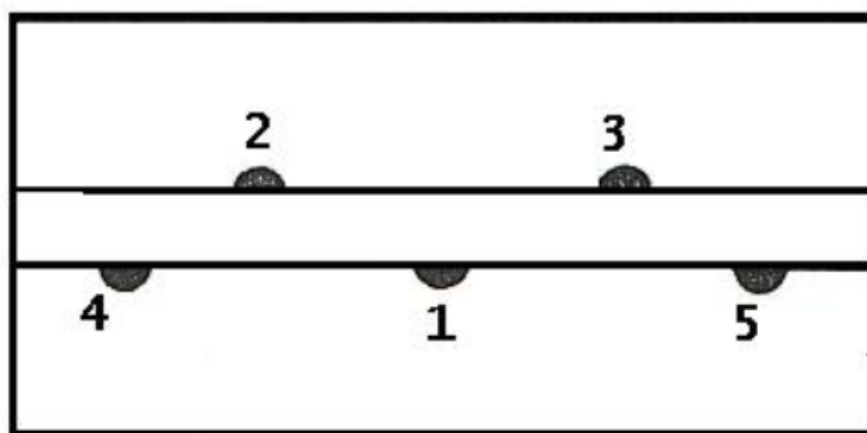
Figura.2.1.2: Cubrimiento de bisel



### 2.3.1.1 Proceso de ejecución “soldadura tipo T”.

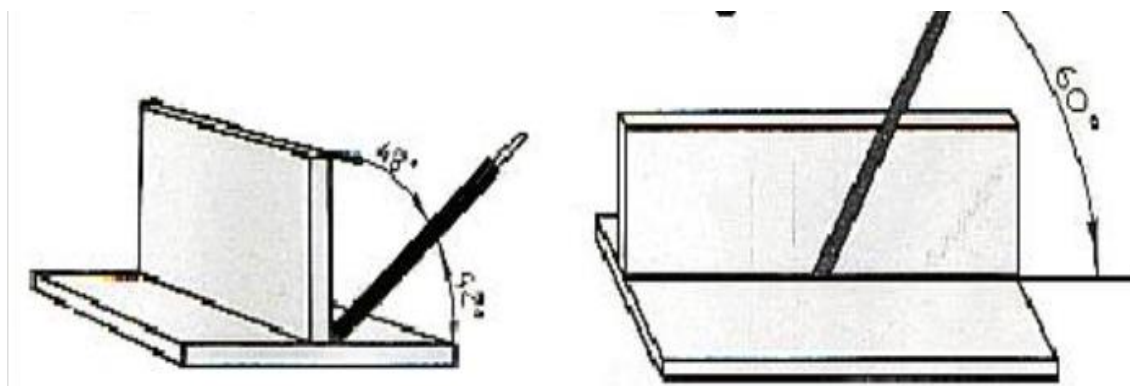
- Limpiar las piezas con cepillo de acero.
- Encender y regular la máquina de soldar.
- Ejecutar puntos de fijación a lo largo de la pieza.

Figura.2.1.3: Ejecución puntos de fijación.



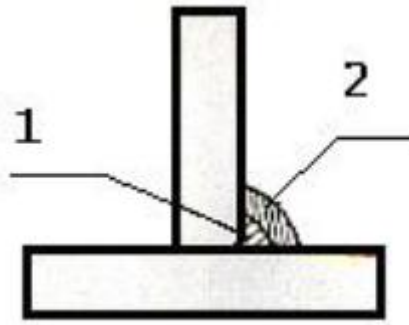
- Iniciar el cordón de raíz y oscilar el electrodo.

Figura.2.1.4: Iniciar el cordón de raíz.



- Finalizar el cordón.
- Depositar el resto de los cordones.

Figura.2.1.5: Número de cordones.



### 2.3.2 Variables de soldeo.

Para la ejecución del trabajo de título se considerará algunas variables de soldeo, las cuales nos faciliten visualizar las imperfecciones o defectos deseados.

El procedimiento de soldadura o WPS (Welding Procedure Specification) es un documento que describe los criterios para realizar la soldadura en el proceso de producción. Proporciona igualmente la información necesaria para orientar al soldador u operador de soldadura y asegurar el cumplimiento de los requerimientos de calidad. Describe las variables esenciales, no esenciales y cuando se requiera, las variables suplementarias esenciales de cada procedimiento de soldadura.

Hay tres tipos de variables esenciales para las especificaciones WPS.

#### 2.3.2.1 Variables esenciales:

Son aquellas que tienen directa influencia sobre las propiedades mecánicas de la unión soldada y que al cambiar una de ellas modifican las características del producto. Son relativas a cada proceso de soldadura utilizado.

#### 2.3.2.2 Variables no esenciales:

Son aquellas que no tienen directa influencia sobre las propiedades mecánicas de la unión soldada es decir no altera las características del producto. Son relativas a cada proceso de soldadura utilizado.

#### 2.3.2.3 Variables suplementarias:

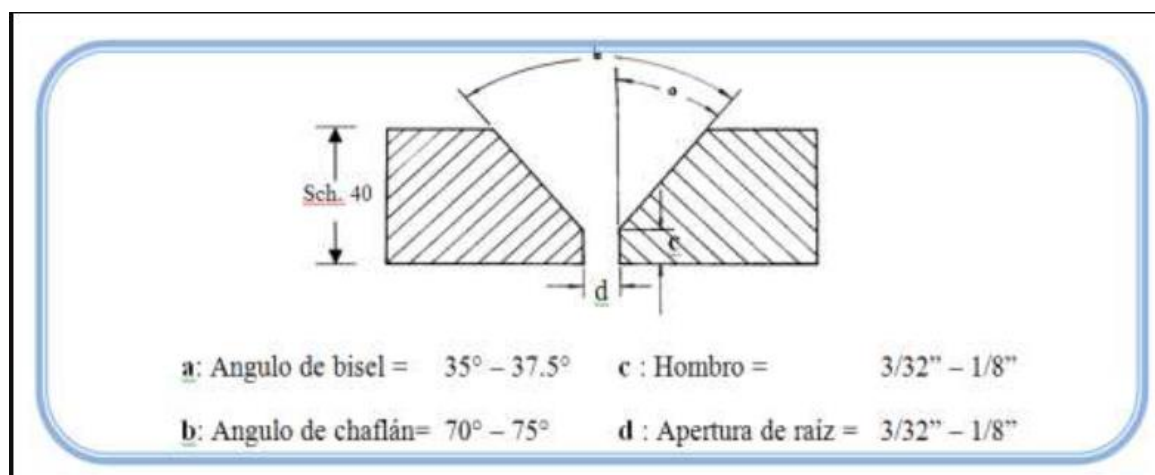
Son aquellas que tienen directa influencia sobre la tenacidad de la unión soldada. Tipo de variables existente en el código ASME Sección IX y AWS D1.1 y toda aquella información adicional que se considere necesaria para obtener las soldaduras deseadas.

Un Procedimiento de Soldadura debe DEMOSTRAR su capacidad de producir uniones soldadas que cumplan los requerimientos mínimos de calidad exigidos por el estándar o código de soldadura utilizado en la construcción de un producto. Uno de los pasos más importantes de un procedimiento es la calificación.

#### 2.3.2.4 Diseño de la Junta.

Debe indicarse el tipo de junta, las tolerancias dimensionales, material de refuerzo si aplica, y el tipo de material, si es una junta de bisel doble, el material de soldadura se considera refuerzo para el lado posterior.

Figura.2.2: Geometría.



Fuente: <https://weldingfromperu.wordpress.com/>

#### 2.3.2.5 Metal base.

Se refiere a las piezas de metal a unir, ya sea tubo o lámina, pueden ser del mismo tipo o de diferente tipo de material. El código divide los tipos de material en Números P y Grupos. En el WPS debe detallarse como mínimo el Número P, el Grupo, el espesor o rango de espesores, el diámetro si es tubería.

#### 2.3.2.6 Metal de Aporte.

Es necesario especificar la clasificación AWS, diámetro, rango de amperaje y rango de voltaje, el tipo de corriente, la polaridad, el modo de transferencia, Tamaño y tipo de la varilla de tungsteno, rango de velocidad del alambre. La información que se suministra depende del proceso de soldadura, ya que hay condiciones que son únicas para cada proceso.

#### 2.3.2.7 Posición.

Especifica la posición en que se calificará el procedimiento, y por ende a los soldadores, especificando si es una junta en filete o a tope, y el sentido de progresión de la soldadura.

#### 2.3.2.8 Pre calentamiento y Temperatura entre Pases.

Esta temperatura está en función del tipo de material, y en el WPS debe especificarse, en caso de que se requiera, la temperatura mínima de pre calentamiento, la máxima y la mínima temperatura entre pases.

## 2.4 DEFECTOS E IMPERFECCIONES PARA ESTUDIAR EN LAS PROBETAS.

### 2.4.1 Salpicadura excesiva y socavado.

**Tabla 2: Información.**

Proceso de soldadura: SMAW		Tipo: Manual				
Detalle de la junta		Secuencia de la soldadura				
<b>Juntas</b>						
Diseño de junta: en "T"						
Respaldo: No			Material de respaldo: N/A			
<b>Material base</b>						
Numero de probeta: 1			Tipo: astm A36			
Dimensión: 200x100x10						
<b>Rango de espesores</b>						
Material base: 10 mm		Bisel: N/A		Filete: N/A		
<b>Material de aporte</b>						
AWS (clase): E-6010		Medida de los materiales de aporte (mm): 2.5/3.25				
<b>Características eléctricas</b>						
Corriente (CC/CA): CC			Polaridad: Polo positivo (+)			
Rango de amperaje: 60/120 (A)			Voltaje rango: 98.0/98.6 (V)			
<b>Técnica</b>						
Cordón recto u oscilado: oscilado			Oscilación: 2 diámetros del electrodo Max.			
Método de limpieza: amoladora y cepillo rotativo						
Pasada simple o múltiple: múltiple			Electrodo múltiple o simple: N/A			
<b>Proceso: SMAW</b>			Tipo: Manual			
<b>Probeta: Numero 1</b>						
<b>DEFECTO</b> Tipo: Salpicadura y socavado			<b>PARAMETROS</b> Corriente elevada Arco largo			
Paso No.	Proceso	Materiales de aporte		Corriente	Volts CC	Detalle de la unión
		Clase	Diámetro			

1-2	SMAW	E6010	1/8"	60-80	98.6-98.5	
3-4	SMAW	E6010	1/8"	100-120	98.5-98.0	

#### 2.4.2 Falta de penetración y distorsión.

**Tabla 2.1: información.**

Proceso de soldadura: SMAW		Tipo: Manual	
Detalle de la junta		Secuencia de la soldadura	
<b>Juntas</b>			
Diseño de junta: en "V"			
Respaldo: No		Material de respaldo: N/A	
<b>Material base</b>			
Numero de probeta: 2		Tipo: astm A36	
Dimensión: 200x100x10			
<b>Rango de espesores</b>			
Material base: 10 mm		Bisel: 5-13 mm	Filete: N/A
<b>Material de aporte</b>			
AWS (clase): E-7018		Medida de los materiales de aporte (mm): 2.5/3.25	
<b>Características eléctricas</b>			
Corriente (CC/CA): CC		Polaridad: Polo positivo (+)	
Rango de amperaje: 60/120 (A)		Voltaje rango: 98.0/98.6 (V)	
<b>Técnica</b>			
Cordón recto u oscilado: oscilado		Oscilación: 2 diámetros del electrodo Max.	
Método de limpieza: amoladora y cepillo rotativo			
Pasada simple o múltiple: múltiple		Electrodo múltiple o simple: N/A	
<b>Proceso: SMAW</b>		Tipo: Manual	
<b>Probeta: Numero 2</b>			

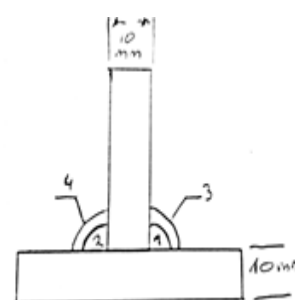
<b>DEFECTO</b> Tipo: falta de penetración y distorsión				<b>PARAMETROS</b> VELOCIDAD EXCESIVA ELECTRODO DE DIAMETRO INADECUADO CORRIENTE BAJA PREPARACION DEFICIENTE (DISTANCIA ENTRE BISELES)		
Paso No	Proceso	Materiales de aporte		Corriente	Volts	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			
1-2	SMAW	E7018	1/8"	60-80	98.6-98.5	
3-4	SMAW	E7018	1/8"	90-110	98.4-98.3	
5-7	SMAW	E7018	1/8"	100-120	98.5-98.0	

### 2.4.3 Poros.

**Tabla 2.3: Información.**

Proceso de soldadura: GMAW		Tipo: Manual	
Detalle de la junta		Secuencia de la soldadura	
<b>Juntas</b>			
Diseño de junta: en "T"			
Respaldo: No		Material de respaldo: N/A	
<b>Material base</b>			
Numero de probeta: 3		Tipo: astm A36	
Dimensión: 200x100x10			
<b>Rango de espesores</b>			
Material base: 10 mm	Bisel: N/A		Filete: N/A
<b>Material de aporte</b>			
AWS (clase): 71 v (Tubular)	Medida de los materiales de aporte (mm): 1.6		
<b>Características eléctricas</b>			
Corriente (CC/CA): CC		Polaridad: Polo positivo (+)	
Rango de amperaje: 250 (A)		Voltaje: 380 (V)	
Tipo de gas: Indurmig -20 (co2+ar)		Presión: 15 Kpa	

Técnica						
Cordón recto u oscilado: Recto			Oscilación: N/A			
Método de limpieza: amoladora y cepillo rotativo						
Pasada simple o múltiple: múltiple			Electrodo múltiple o simple: N/A			
Proceso: GMAW			Tipo: Manual			
Probeta: Numero 3						
DEFECTO Tipo: Poros			PARAMETROS Gas			
Paso No.	Proceso	Materiales de aporte		Corriente	Volts	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			
1-2	GMAW	71v	1.6 mm	250	N/A	
3-4	GMAW	71v	1.6 mm	250	N/A	



#### 2.4.4 Fisura.

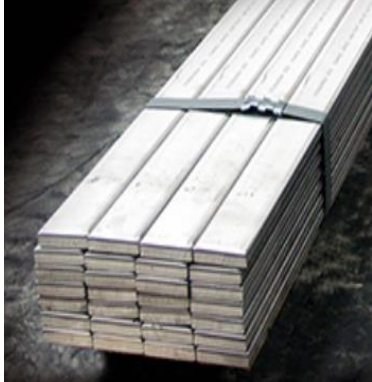



**Tabla 2.4: Información.**

Proceso de soldadura: SMAW		Tipo: Manual	
Detalle de la junta		Secuencia de la soldadura	
<b>Juntas</b>			
Diseño de junta: en "T"			
Respaldo: No		Material de respaldo: N/A	
<b>Material base</b>			

Numero de probeta: 1			Tipo: Astm A36			
Dimensión: 200x100x10						
<b>Rango de espesores</b>						
Material base: 10 mm		Bisel: N/A		Filete: N/A		
Material de aporte						
AWS (clase): E-6010		Medida de los materiales de aporte (mm): 2.5/3.25				
<b>Características eléctricas</b>						
Corriente (CC/CA): CC			Polaridad: Polo positivo (+)			
Rango de amperaje: 60/120 (A)			Voltaje rango: 98.0/98.6 (V)			
<b>Técnica</b>						
Cordón recto u oscilado: oscilado			Oscilación: 2 diámetros del electrodo Max.			
Método de limpieza: amoladora y cepillo rotativo						
Pasada simple o múltiple: múltiple			Electrodo múltiple o simple: N/A			
<b>Proceso: SMAW</b>			Tipo: Manual			
<b>Probeta: Numero 4</b>						
<b>DEFECTO</b> Tipo: Fisura			<b>PARAMETROS</b> Arco corto Electrodo inadecuado Amperaje inadecuado			
Paso No.	Proceso	materiales de aporte		Corriente	Volts	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			
1-2	SMAW	E7018	1/8"	60-80	98.6-98.5	
3-4	SMAW	E7018	1/8"	100-120	98.5-98.0	

## 2.5 TABLA DE MATERIALES.

Tabla 2.8: Materiales.

UNIDADES	CARACTERISTICAS	IMAGEN	VALOR + IVA
20	PLETINA DE 200X100X10 mm ASTM A 36 (SAE 1020)		\$37.586
1	ELECTRODO E6010 PUNTO ROJO 1/8" 1 KG		\$3.484
2	ELECTRODO 7018 1/8" 1 kg		\$4.926
2	DISCO DE DESBASTE 4.5 "		\$1.334

4	<b>DISCO DE CORTE FINO 4.5"</b>		\$1.976
---	-------------------------------------	--	---------


Para visualizar imagen de cotización dirigirse al **anexo A.**

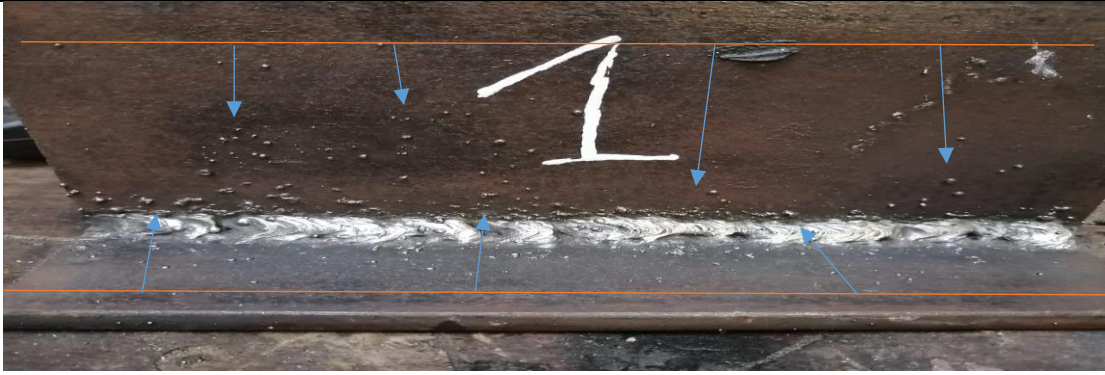
## **CÁPITULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### 3.1 SALPICADURA Y SOCAVADO.

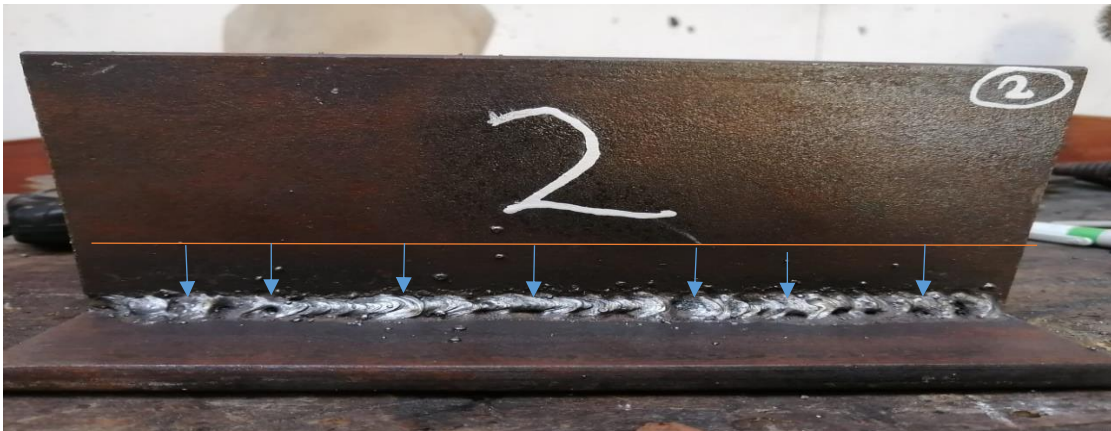
En la siguiente tabla se muestra los parámetros a utilizar e imágenes de los defectos obtenidos.

**Tabla 3: Probeta número 1.**

<b>Proceso: SMAW</b>				Tipo: Manual		
<b>Probeta: Numero 1</b>						
<b>DEFECTO</b> <b>Tipo: Salpicadura y socavado</b>				<b>PARAMETROS</b> Corriente elevada Arco largo		
Paso No.	Proceso	materiales de aporte		Corriente	Volts CC	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			
1-2	SMAW	E6010	1/8"	60-80 (A)	98.6-98.5	
3-4	SMAW	E6010	1/8"	100-120(A)	98.5-98.0	
<b>Parámetros utilizados</b>						
Amperaje rango: 60-120 (A)						
Avance:0.08 m/s				Tipo de revestimiento: celulósico		
<b>Zonas y defectos detectados por inspección visual</b>						
En la imagen número 1 se puede apreciar que a lo largo de la probeta en los sectores que están indicados por flechas se encuentra una gran cantidad de salpicadura, este defecto se presenta en distintas cantidades, esto lo podemos determinar a través de una inspección visual.						
En la imagen número 2, Se puede determinar a través de una inspección visual que la probeta presenta una gran cantidad de socavación a lo lardo de cordón, los sectores más relevantes están indicados con flechas.						
<b>Observación</b>						



Este defecto se puede corregir a través de una buena selección de los parámetros, en este caso lo más recomendable sería disminuir el amperaje y una cambiar el tipo de electrodo a utilizar.



En el caso de esta probeta, se debería disminuir el amperaje y la distancia del electrodo y la pieza dado que al estar en una distancia menor la temperatura del arco es mayor.


Para visualizar más imágenes dirigirse al **anexo B**.

### **3.2 FALTA DE PENETRACION Y DISTORCION.**

En la siguiente tabla se muestra los parámetros a utilizar e imágenes de los defectos obtenidos.

**Tabla 3.1: Probeta número 2.**

<b>Proceso: SMAW</b>				Tipo: Manual		
<b>Probeta: Numero 2</b>						
<b>DEFECTO</b> <b>Tipo: Falta de penetración y distorsión.</b>				<b>PARAMETROS</b> VELOCIDAD EXCESIVA ELECTRODO DE DIAMETRO INADECUADO CORRIENTE BAJA PREPARACION DEFICIENTE (DISTANCIA ENTRE BISELES)		
Paso No.	Proceso	materiales de aporte		Corriente	Volts CC	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			

1-2	SMAW	E7018	1/8"	60-80 (A)	98.6- 98.5	
3-4	SMAW	E7018	1/8"	90-110(A)	98.5- 98.1	
5-6-7				100-120 (A)	98.4- 98.0	

**Parámetros utilizados**

Amperaje:60-120(A)	
Avance:0.08 m/s	Tipo de revestimiento: potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo
Distancia entre biseles: 21.2 mm	

**Zonas y defectos detectados por inspección visual**

En la imagen número 1 se puede apreciar el defecto llamado distorsión, en su punto máximo alcanza una distancia de 2.75 mm

En la imagen número 2 se observa una pieza a la cual se presentó un defecto denominado falta de penetración, se pudo determinar que el promedio de este defecto a lo largo de la pieza es de 1 mm.

**Observación**



Esto se puede controlar soldando las piezas en una superficie plana para luego realizar los cordones, también se puede evitar controlando la temperatura del material de aportación.




Este defecto se puede corregir a través de una buena selección de electrodo, un amperaje mas elevado y un arco más corto.

Para visualizar más imágenes dirigirse al **anexo C**.

### 3.3 POROS.

En la siguiente tabla de muestra los parámetros a utilizar e imágenes del defecto obtenido.

**Tabla 3.2: Probeta número 3.**

<b>Proceso: GMAW</b>				Tipo: Manual		
<b>Probeta: Numero 3</b>						
<b>DEFECTO</b> <b>Tipo: Poros</b>				<b>PARAMETROS</b> Gas		
Paso No.	Proceso	materiales de aporte		Corriente	Volts CC	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			
1-2	GMAW	71V	1.6 mm	250 (A)	N/A	
3-4	GMAW	71V	1.6 mm	250 (A)	N/A	
<b>Parámetros utilizados</b>						
Amperaje: 250 (A)				Gas: Indurmig -20		
Avance: 0.0011 m/s				Método de contracción: sin gas		
<b>Zonas y defectos detectados por inspección visual</b>						
En esta probeta se demuestra el defecto de poros a lo largo de misma.						
<b>Observación</b>						



En esta probeta, demuestra el defecto de la porosidad en la soldadura, en este caso el parámetro más relevante es la atmosfera protectora del proceso, al no existir, los contaminantes del ambiente afectan directamente en el cordón causando la porosidad.




Para visualizar más imágenes dirigirse al **anexo D**.

### 3.4 FISURA.

En la siguiente tabla de muestra los parámetros a utilizar e imágenes del defecto obtenido.

**Tabla 3.3: Probeta número 4.**

<b>Proceso: SMAW</b>				<b>Tipo: Manual</b>		
<b>Probeta: Numero 4</b>						
<b>DEFECTO</b> <b>Tipo: Fisura</b>				<b>PARAMETROS</b> Arco corto Electrodo inadecuado Amperaje inadecuado		
Paso No.	Proceso	materiales de aporte		Corriente	Volts CC	Detalles de la unión
		Clase	Diámetro			
1-2	SMAW	E6010	1/8"	60-80 (A)	98.6-98.5	
3-4	SMAW	E6010	1/8"	100-120 (A)	98.5-98.0	
<b>Parámetros utilizados</b>						
Amperaje: 60-120 (A)						
Avance: 0.08 m/s				Tipo de revestimiento: potásico, bajo hidrógeno con hierro en polvo		
<b>Zonas y defectos detectados por inspección visual</b>						
Imagen número 1, Se observa una fisura a lo largo de la pieza.						
Imagen número 2, Se observa una fisura a lo largo de la pieza.						
<b>Observación</b>						



Este defecto se puede evitar con una buena elección de material base de la pieza, un correcto amperaje y un buen electrodo.



Para visualizar más imágenes dirigirse al **anexo E**.

## CONCLUSIÓN.

Del presente trabajo de título se desprende una serie de conclusiones relevantes no ya tan solo para entender los procesos que existen de soldadura, si no que de la importancia de ellos para las industrias relacionadas al área de metalmecánica y sus avances tecnológicos que han ayudado a facilitar los procesos de construcción.

- La defectología es uno de las factoras más importantes relacionados con la calidad de los productos y estructuras. Esto nos permite determinar que sin los procesos de calidad en la soldadura no se podría entregar una seguridad del mismo.
- Oportunidades de trabajo, este punto es muy relevante debido a que los procesos de soldadura entregan una gran cantidad de trabajo para las personas relacionadas a metalmecánica, estos trabajos varían desde ayudante de cualquier área hasta inspectores encargados de la calidad de la soldadura, estas oportunidades de trabajo permiten ir especializándose en distintas áreas.
- Los defectos en la soldadura, esto nos permite identificar los defectos y separarlos por motivos y causas, esto nos facilitara a la hora de prevenir los defectos en la soldadura, utilizaremos parámetros determinados y establecidos para cada proceso.
- Importancia de los procesos, la gran variedad de los procesos existentes abarca casi todas las necesidades de la construcción, esto ha ido evolucionado mediante las necesidades del rubro, la gran cantidad de procesos nos permite crea piezas desde aluminio hasta metales de gran aleación.

Como conclusión genera los defectos relacionados a la soldadura nos han podido ayudar a identificar los problemas y futuras fallas de las estructuras metálicas ya que vienen siendo un punto de concentración de esfuerzo, para ello se crearon los distintos tipos de inspecciones relacionadas a la soldadura, la forma más fácil pero no más confiable es la inspección visual, es el primer filtro que se realiza en las industrias debido a su bajo costo y rápida ejecución.

## ANEXOS

Cotización (anexo A)


Srs.:  
**UNIV.TEC.FDCO.STA.MARIA**  
 Rut: 81868700-4  
 GAMERO 536-540 RANCAGUA RANCAGUA Chile  
**Atencion Sr(a): Eric Soto Agurto**

**COTIZACION Nro. 23251877**  
 Fecha: 12.01.2021  
 Nro. Pedido Cliente:  
 Moneda: CLP

Nos es grato cotizar lo siguiente:

Item	Cod.	Descripcion	Cant.	Un. Med.	Valor Unitario	Total	Plazo de Entrega
10	39635	PLETINA A42-27ES 100X10MM 6MT 47,1KG	1	UN	37.588	37.588	4 Días
20	2464	ELECTRODO LINCOLN E-6010 5P PLUS 1/8"	1	KG	3.484	3.484	4 Días
30	60361	ELECTRODO LINCOLN E 7018 1/8 (5KG)	2	KG	2.463	4.926	00 inmediata
40	50571	DISCO DESBASTE KATTO STRONG 115X6.4X22.2	2	UN	667	1.334	00 inmediata
50	50566	DISCO CORTE KATTO STRO 115X1.0X22.2 INOX	4	UN	494	1.976	00 inmediata
<b>Neto Cotizado</b>						<b>49.306</b>	
<b>IVA</b>						<b>9.368</b>	
<b>Total Cotizado</b>						<b>58.674</b>	

**Ofertas que tenemos para usted**

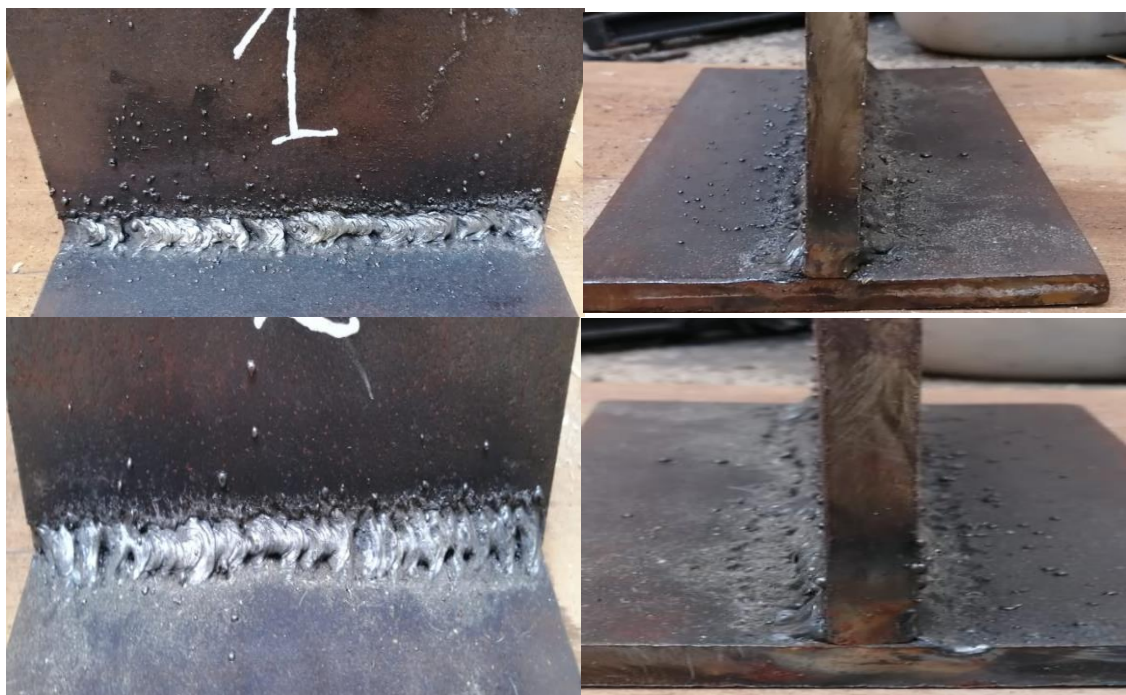


Buzo Desechable Getpro Eco Blanco

**\$2.261 c/ IVA**

Cod. SAP: 59015,5901

Salpicadura y socavado (anexo B)



Falta de penetración y distorsión (anexo C).



Poros (anexo D)



*Fisura (anexo E)*

