



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**PRINCIPIOS DE SOLDADURA PARA CONSTRUCCION DE  
ESTRUCTURAS METALICAS (EXHIBIDORES).**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
PRESENTA:**

**VILLA ROSAS JORGE ANTONIO**

**ASESOR DEL TRABAJO: ING. HUMBERTO NERI MONDRAGON**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE TEMATICO

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>4</b>
Origen y elaboración de los Metales.....	4
Clasificación de los Aceros.....	7
Especificaciones de los Aceros.....	8
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>I. PRINCIPIOS DE SOLDADURA PARA ESTRUCTURAS METALICAS (EXHIBIDORES).....</b>	<b>10</b>
1.1 Soldando.....	10
1.2 Dimensiones efectivas de soldaduras.....	10
1.3 Ventajas de la soldadura.....	11
1.4 Desventajas.....	11
1.5 Clasificación de soldadura.....	11
1.6 Descifrando los símbolos de la soldadura.....	12
1.7 Soldadura de filete.....	13
1.8 Soldadura acanalada o de inserción.....	14
1.9 Soldadura de conexión y ovalo.....	15
<b>II. RESISTENCIA DE DISEÑO EN SOLDADURA.....</b>	<b>16</b>
2.1Reglamento NTC- DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS (MEXICO...)	16
<b>III. SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA.....</b>	<b>19</b>
<b>IV. PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO MANUAL "SMAW".....</b>	<b>22</b>
4.1 Especificaciones para electrodos.....	24
4.2 ¿Que pasa con los electrodos cuando están expuestos a las temperaturas normales en un taller?.....	28
<b>V. PROCESO GMAW/MIG (MICROALAMBRE).....</b>	<b>31</b>
5.1 Transferencia por corto circuito.....	32
5.2 Transferencia globular.....	33
5.3 Transferencia por rociado.....	33
5.4 Porosidad.....	35
5.5 Importancia de la fluidez.....	36
<b>VI. PROCESO DE SOLDADURA TIG "GTAW".....</b>	<b>38</b>
6.1 Los Lentes Del Gas (Gas Lenses).....	42
6.2 Soldabilidad en los aceros inoxidable Austeníticos.....	42
6.3 Propiedades físicas de los aceros inoxidable Austeníticos.....	44
6.4 Factores que afectan la resistencia a la corrosión de las soldaduras en acero inoxidable.....	44
6.5 Penetración completa de las soldaduras.....	44
6.6 Sellar las rendijas en las soldaduras.....	45
6.7 Contaminación por hierro.....	45
6.8 Evitar óxidos superficiales de la soldadura.....	45
6.9 Otros defectos relacionados con la soldadura.....	46
6.10 Calificación para soldadura.....	46
6.11 Entrenamiento del Soldador.....	47
6.12 Preparación para la soldadura.....	47
6.13 Corte y preparación de las juntas.....	47
6.14 Diseño de las juntas.....	48

<b>VII. SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO "SAW".....</b>	<b>54</b>
7.1 Ventajas.....	55
7.2 El fundente.....	57
<b>VIII. PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE CON GAS.....</b>	<b>60</b>
8.1 IMPORTANTE.....	60
8.2 Soldando.....	62
8.2.1 Welding.....	62
8.2.2 Brazing.....	62
8.2.3 Soldering.....	63
8.3 Preparando las áreas a juntar.....	65
<b>IX. SOLDADURA POR RESISTENCIA DE ELECTRO PUNTO.....</b>	<b>68</b>
9.1 Ciclos.....	69
<b>X. SOLDADURA POR RESISTENCIA INSTANTÁNEA.....</b>	<b>70</b>
<b>XI. SOLDADURA ENGARGOLADO POR RESISTENCIA.....</b>	<b>70</b>
<b>XII. PROCESOS ESPECIALES DE SOLDADURA.....</b>	<b>71</b>
12.1.0 Soldadura por Fricción "FSW" (Friction Stir Welding).....	71
12.1.1 Soldadura por Arco de Plasma "PAW" (Plasma Arc Welding).....	72
12.1.2 Soldadura por Electro Escoria ESW (Electro Slag Welding).....	73
<b>XIII. DISCONTINUIDADES.....</b>	<b>74</b>
<b>XIV. INSPECCIÓN VISUAL.....</b>	<b>75</b>
<b>XV. PUEBAS DESTRUCTIVAS.....</b>	<b>76</b>
15.1 Ensayos Destructivos.....	76
<b>XVI. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN UNIONES SOLDADAS.....</b>	<b>78</b>
16.1.0 Líquidos penetrantes.....	78
16.1.1 Limitaciones generales de los líquidos penetrantes.....	78
16.2.0 Ultrasonido industrial.....	79
16.2.1 Ventajas del ultrasonido industrial.....	81
16.2.2 Limitaciones del ultrasonido industrial.....	81
<b>XVII. PARTICULAS MAGNETICAS.....</b>	<b>83</b>
17.1.0 Ventajas de las partículas magnéticas.....	84
17.1.1 Limitaciones de las partículas magnéticas.....	84
17.1.2 Requisitos de la inspección por partículas magnéticas.....	84
<b>XVIII. RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....</b>	<b>85</b>
18.1.0 Requisitos y secuencia de la inspección por radiografía industrial.....	86
18.1.1 Aplicaciones.....	87

<b>XIX. COMPARACIÓN DE DOS MOTO SOLDADORAS MÁS CONOCIDAS EN EL RANGO DE LOS 400 AMPS.....</b>	<b>88</b>
<b>XX. RECOMENDACIONES PARA EL USO Y MANEJO DE MÁQUINAS SOLDADORAS, CONSUMIBLES Y ACCESORIOS.....</b>	<b>90</b>
<b>XXI. NORMAS DE SEGURIDAD.....</b>	<b>91</b>
<b>XXII. EQUIPO COMPLEMENTARIO PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS PUBLICITARIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>XXIII. EJEMPLO DE APLICACIÓN.....</b>	<b>96</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>GLOSARIO DE DEFINICIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>107</b>

## **INTRODUCCION**

### **Origen y elaboración de los Metales.**

Los metales se encuentran en depósitos naturales en la capa terrestre; a estos depósitos se les conoce como minerales. La mayoría de los minerales en estado natural están contaminados con impurezas, las cuales deben ser removidas o eliminadas mediante procesos químicos o mecánicos para purificarlos. De manera excepcional, algunos metales se encuentran puros en estado natural.

Los metales que se extraen de los minerales son denominados como metales vírgenes o primarios y a los que se obtienen de la chatarra se les denomina metales secundarios.

#### *Composición de la capa terrestre.*

Se entiende por capa terrestre o costra terrestre a la capa superficial que envuelve a la tierra hasta una profundidad de 16 Km.; Algunas zonas de esta capa o costra contienen altas concentraciones de metales a los que se les conoce como depósitos minerales. La extracción de estos minerales se conoce como minería y se lleva a cabo mediante los sistemas de excavación subterránea o de tiro abierto. Existen dos tipos de minería: la selectiva, en la cual se trabajan pequeñas vetas o camas de mineral de alta concentración y la masiva, en la cual se extraen grandes cantidades de mineral de baja ley para extraer junto con ellos las porciones de alta concentración.

El hierro (Fe), es el más importante y el más usado de todos los metales. En el mundo se produce un tonelaje 20 veces mayor de hierro que de todo el resto de los metales. Algunas de las razones de esta preponderancia son que: en el mundo existen grandes depósitos de mineral ferroso de alta ley, el mineral ferroso es relativamente fácil de reducir y también que el hierro combinado con el carbón forma una importante cadena de aleaciones útiles.

Entre los minerales ferrosos más importantes tenemos:

Hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 70.0% Fe

Magnetita (Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 72.4% Fe

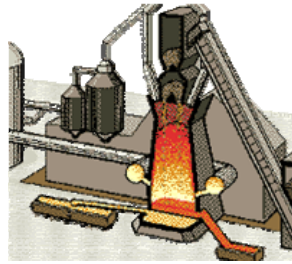
Taconita Es un mineral ferroso embebido en una matriz cuarzosa de compuestos silicosos y es la propia fuente de la Hematita y la Magnetita; su contenido de Fe es de aproximadamente 30%.

#### *El Acero y su Manufactura.*

Se puede aprender mucho de la metalúrgica de la soldadura si se entiende como se producen los distintos tipos de acero, ya que algunos de los procesos químicos que ocurren durante la elaboración del acero se repiten durante la operación de la soldadura.

#### *El Alto Horno.*

El mayor porcentaje de arrabio producido comercialmente proviene de altos hornos. El tamaño de un alto horno moderno es de aproximadamente 30 mts. de altura y un diámetro interior de 10 mts.; su cubierta exterior es de acero y su interior esta recubierto con densos ladrillos refractarios, duros y de alta calidad, diseñados especialmente para este tipo de servicio extra-pesado. El tiempo que se pueda operar continuamente un alto horno depende de la vida útil del material refractario que normalmente permite a los altos hornos operar sin interrupción por periodos de entre 3 y 7 años.



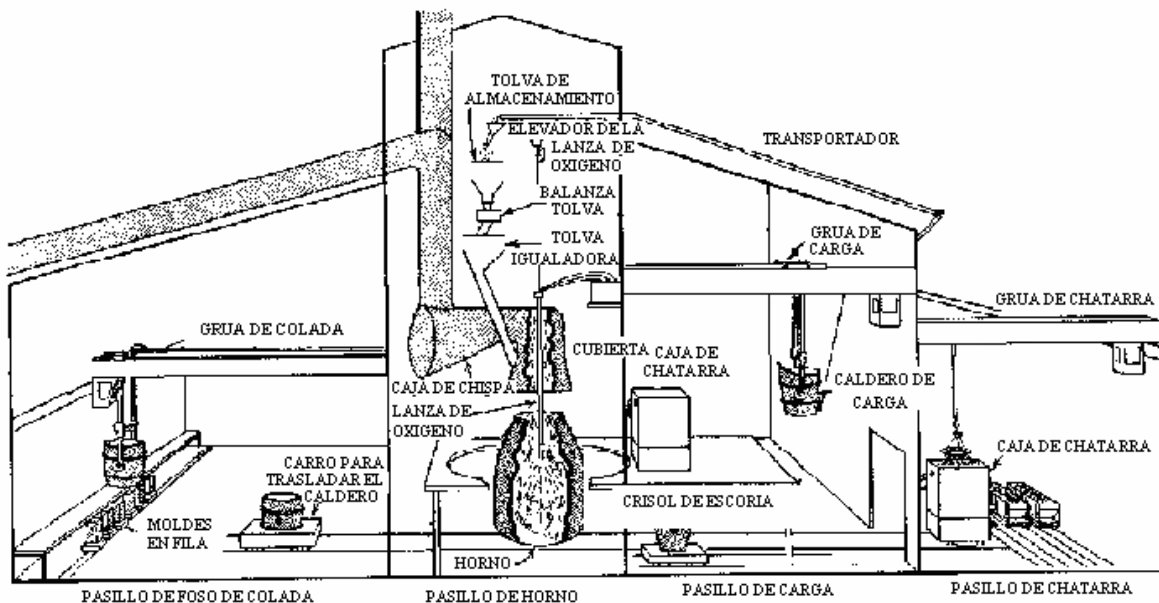
*Alto horno.*

*Hornos de Aceración.*

Para purificar el arrabio y la chatarra se utilizan diversos tipos de hornos, entre los más conocidos están el Siemens-Martin, el Horno Eléctrico y el BOF o convertidor básico. El horno Siemens-Martin tiene la ventaja de eliminar el fósforo, producir composiciones de acero más exactas y utilizar chatarra, lo cual es cada vez más útil dada la importancia que ha alcanzado el reciclaje.

El horno eléctrico emplea grandes electrodos de grafito para producir un arco de gran intensidad que funde la carga. La ventaja de este horno se fundamenta en que es mucho más sencillo mantener y controlar en su interior la atmósfera ya sea oxidante o reductora; El fósforo se puede eliminar con una escoria oxidante y el azufre con escoria reductora.

El BOF (más ampliamente usado) o Convertidor Básico a Oxígeno es el más común (ver sig. Figura). Grandes avances se han logrado en los procesos de aceración gracias al uso de inyección de oxígeno puro en lugar de aire; este método permite la producción de grandes toneladas de acero con bajo contenido de nitrógeno.



*Esquema de una planta de oxígeno para producción de acero*

## *Acabado y desoxidación del Acero.*

Después del proceso de refinación el acero queda saturado de oxígeno, mientras mas bajo el contenido de carbón en el acero mas alto será su contenido de oxígeno y para cualquier contenido de carbón el contenido de oxígeno es mayor en el acero en estado líquido que en estado sólido, por lo tanto, para evitar burbujas de gas atrapadas en el metal, una cantidad sustancial de oxígeno debe eliminarse. Existen 5 maneras distintas para eliminar el oxígeno del acero en fusión:

1. *Acero Efervescente*: La manufactura de este acero consiste en vaciar el acero líquido, con alto contenido de oxígeno, en lingoteras (moldes). El acero entonces, forma un lingote que empieza a solidificarse desde afuera hacia dentro comenzando por las paredes y fondo de la lingotera, formando paredes y un fondo de hierro casi puro. Como resultado de esto el acero, aun líquido en el centro del lingote se segrega casi todo el carbón, sulfuro y fósforo. El oxígeno reacciona con el carbón formando monóxido de carbono que queda atrapado en la masa del lingote al solidificarse y que desaparece durante los subsecuentes procesos de laminación en caliente.

2. *Acero Semi-Efervescente*: Cuando se fabrica este acero la intención es regular la cantidad de oxígeno en el metal fundido de manera de detener la acción efervescente. Esto se logra mediante el uso de una tapa pesada, o tapa fría que se coloca por solo unos minutos en la parte superior de la lingotera después que se ha solidificado solo una pequeña capa adyacente a las paredes y fondo de la lingotera, formando una piel de acero casi puro. De esta manera se obtiene un lingote de acero con un centro no tan segregado como en el acero efervescente. Estos aceros se utilizan en aplicaciones que requieren una excelente superficie y donde la heterogeneidad del acero efervescente seria perjudicial.

3. *Acero Calmado*: Este acero se fabrica eliminando o convirtiendo completamente el oxígeno antes de la solidificación para prevenir la acción efervescente; Esto se logra generalmente agregando silicio en forma de ferro silicio en el horno, el silicio se combina con el oxígeno para formar sílice ( $\text{SiO}_2$ ) la cual es expulsada con la escoria, dejando un metal denso y homogéneo.

4. *Acero Semi-Calmado*: Este acero esta en un punto intermedio entre el acero efervescente y el acero calmado, este al solidificarse muestra una menor contracción produciendo una cavidad o depresión de menor tamaño en la parte superior del lingote.

5. *Acero desoxidado al Vacío*: El objeto de la desoxidación al vacío es eliminar el oxígeno sin dejar inclusiones de compuestos no metálicos, de esta manera se obtienen aceros muy limpios para usos especiales.



## **Clasificación de los Aceros.**

Existen cuatro grandes clasificaciones de aceros básicos: Aceros al Carbón, Aceros de Baja Aleación, Aceros de Alta Aleación y Aceros Herramienta.

El Acero es básicamente una aleación de Hierro y Carbón; el carbón es el responsable de la respuesta del acero a los tratamientos de endurecimiento, por esta razón tan importante el principal tipo de acero es el Acero al Carbón común.

1. *Acero al Carbón*: Los aceros al carbón varían desde el 0.005% al 1.80% de contenido de carbón, aceros con contenidos mayores se clasifican como Hierros Colados.

Los aceros al carbón contienen menos del 1.65% de Manganeso, 0.6% de Silicio y 0.6% de Cobre, cabe recordar que además de fabricarse en varios tipos de hornos, los aceros al carbón pueden terminarse o desoxidarse como acero efervescente, semi-efervescente, calmado, semi-calmado y desoxidado al vacío; tanto el tipo de horno usado como el proceso de desoxidación afectan las características y propiedades del acero. Sin embargo, el mayor cambio de propiedades lo determina el contenido de carbón; al aumentar el contenido de carbón también aumenta la resistencia y su dureza.

2. *Aceros de Baja Aleación*: Estos aceros contienen pequeñas cantidades de elementos específicos de aleación para obtener mejoras considerables en sus propiedades. Estos elementos de aleación se pueden incorporar en el acero por varias razones: mejorar propiedades mecánicas, aumentar o disminuir su respuesta a los tratamientos térmicos, mejorar su resistencia a la corrosión, etc.

El acero de baja aleación se define primero como un acero en el cual el contenido máximo especificado para los elementos de aleación excede uno o más de las siguientes cantidades: (Mn - 1.65%), (Si - 0.6%) y segundo como un acero con un contenido definido de elementos de aleaciones tales como Al, Ni, Mo, Ti, W, V, Zr y otras aleaciones, un gran número de estas aleaciones pueden ser agrupadas en las cuatro aplicaciones siguientes:

- a) Acero para construcción.
- b) Acero automotriz, aviación y maquinaria.
- c) Acero para baja temperatura.
- d) Acero para alta temperatura.

3. *Acero de Alta Aleación*: Cuando el contenido Cr, Ni o Mn en el acero es 10% o mayor se le considera como acero de alta aleación, entre los aceros de alta aleación más importantes se encuentran:

- a) Aceros Austenítico al manganeso.
- b) Aceros Inoxidable.
- c) Aceros Resistentes al Calor.
- d) Aceros Herramienta.

*Por los altos niveles de elementos de aleación, se recomienda tomar prácticas y cuidado especial cuando se sueldan aceros de alta aleación.*

La operación del alto horno se basa en la reacción química que se produce entre la carga sólida y el flujo ascendente de gas en el horno. La carga consiste principalmente de: mineral ferroso, fundente y Coque. El mineral ferroso es óxido de hierro en trozos de aproximadamente 10 cm. de diámetro.

El fundente es piedra caliza, la cual se descompone en CaO y CO<sub>2</sub>, la cal reacciona con las impurezas contenidas en el mineral y en el Coque para formar escoria. El Coque es el combustible ideal para el alto horno, ya que al quemarse produce Gas CO que es el principal agente reductor en la producción de acero.

La función básica del alto horno consiste en reducir el óxido de hierro en hierro metálico básico, y eliminar las impurezas contenidas en el metal.

Algunos elementos reducidos (C, Si, Mn, S, P) permanecen con el hierro y los elementos oxidados (CaO, CaS, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO) se disuelven en la escoria.

Al metal final que se obtiene del alto horno se le llama "arrabio" y tiene aproximadamente esta composición:

Fe	C	Mn	Si	S	P
90 - 95%	3.5 - 4.5%	0.5 - 8%	0.7 - 3.5%	0.02 - 0.12%	0.1 - 0.9%

El arrabio se utiliza como punto de partida para otros procesos de purificación o aceración. Estos minerales son definidos como depósitos naturales de materiales de los cuales pueden ser extraídos comercialmente los metales. A la cantidad de metal contenida en los minerales se le conoce como "Tenor" o "Ley" y al resto de los compuestos sin valor contenidos en el mismo se le conoce como "Ganga".

Existen minerales ferrosos y no ferrosos, la metalúrgica ferrosa se refiere exclusivamente al hierro y la metalúrgica no ferrosa se refiere a la tecnología de todo el resto de los metales.

### Especificaciones de los Aceros.

Varias sociedades de normas son responsables de las especificaciones químicas de los aceros, las normas más importantes y conocidas son las establecidas por:



AISI Instituto Americano del Hierro y el Acero.



SAE Sociedad de Ingenieros Automotrices.



ASTME Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.



ASME Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

## OBJETIVO

- Adquirir los conocimientos teórico-prácticos de metalurgia de la soldadura.
- Aplicar estos conocimientos en los cursos del Área de Construcciones Metálicas y especialmente en todas las ocupaciones de soldadura.
- Interpretar los fenómenos de la soldadura desde un punto de vista científico-técnico.
- Desarrollar la destreza para la aplicación de soldaduras tipos de electrodos y tipos de acero, identificando los materiales, herramienta y equipo apropiado, así como las características de los defectos, correcciones, ventajas y limitaciones de cada proceso.
- Adquirir mediante esta capacitación los conocimientos básicos necesarios para elaborar con calidad y por escrito los procedimientos de soldadura
- Fomentar y apoyar las actividades de formación y docencia en las áreas de capacitación y actualización de estudiantes de PRE y postgrado, profesionales, técnicos e inspectores en el campo de la soldadura.



# **I. PRINCIPIOS DE SOLDADURA PARA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS (EXIBIDORES).**

## **1.1 Soldando.**

La soldadura es en realidad un proceso metalúrgico, por eso entender como los metales se comportan durante su producción y fundición es conocer los fundamentos de la soldadura. La mayoría de los procesos de soldadura, al igual que en la fundición de los metales, requieren la generación de altas temperaturas para hacer posible la unión de los metales envueltos. El tipo de fuente de calor es básicamente lo que describe el tipo de proceso, Ej. : Soldadura autógena (gas), soldadura de arco (eléctrica). Uno de los principales problemas en soldadura, es el comportamiento de los metales ante la combinación de los agentes atmosféricos y los cambios en su temperatura. El método de proteger el metal caliente del ataque de la atmósfera es el segundo de los mayores problemas a resolver. Las técnicas desarrolladas desde "Protección por fundente" (Flux Covering), hasta la de Protección por gas Inerte, son mas que escudos protectores en muchos casos pero eso es básicamente para lo que fueron creados. En algunas instancias la atmósfera es removida toda usando sistemas de vacío.

Algunos de estos procesos han sido desarrollados para algunas aplicaciones específicas mientras otros se mantienen muy flexibles cubriendo un amplio rango de actividades en la soldadura. Aunque la soldadura es usada principalmente para unir metales similares y hasta partes metálicas no similares es también muy usada, de manera muy notable, para reparar y reconstruir partes y componentes averiados o gastados. Existe, también, un crecimiento notable en el uso de diferentes aplicaciones para tratar las superficies con una capa de alto endurecimiento (Hardfacing) de partes nuevas, que provee una superficie altamente resistente a la corrosión, abrasión, impactos y desgaste. Introducido en las últimas décadas del siglo 19, el proceso de arco se mantiene como el más usado de todos los grupos de las técnicas de soldadura. Como el mismo nombre lo sugiere, es un arco eléctrico que se establece entre las partes a ser soldada y un electrodo metálico. La energía eléctrica, convertida en calor, genera una temperatura en el arco cerca de 7,000 grados centígrados (10000 °F), causando la fundición de los metales y después la unión. El equipo puede variar en tamaño y complejidad, siendo la diferencia principal entre el proceso de arco, el método usado para separar la atmósfera o crearla y el material consumible empleado para ser aportado al proceso.

## **1.2 Dimensiones efectivas de soldaduras.**

El área efectiva de las soldaduras de penetración o de filete es el producto de su longitud efectiva por la garganta efectiva.

El área efectiva de soldaduras de tapón o de ranura es el área de la sección transversal nominal del tapón o ranura, medida en el plano de falla.

La longitud efectiva de una soldadura a tope entre 2 piezas es el ancho de la pieza más angosta, aún en el caso de soldaduras inclinadas respecto al eje de la pieza.

La longitud efectiva de una soldadura de filete es la longitud total del filete incluyendo retornos. Si el filete esta en un agujero circular o ranura la longitud será la del eje del cordón trazado por el centro del plano de la garganta, pero el área efectiva no será mayor que el área nominal del agujero o ranura medida en el plano de falla.

### 1.3 Ventajas de la soldadura.

El empleo de conexiones soldadas en vez de atornilladas o remachadas permite un ahorro de material (hasta de un 15%).

La soldadura requiere menos trabajo y por lo tanto menos personal que la colocación de remaches o tornillos (un soldador puede reemplazar una cuadrilla de remachadores).

La soldadura permite una gran variedad de conexiones, cosa que no se puede con remaches o tornillos.

Las conexiones soldadas son más rígidas que las demás, lo cual permite una verdadera continuidad en la transmisión de elementos mecánicos entre miembros.

Debido a la mayor resistencia del metal de aportación las conexiones soldadas permiten una gran resistencia a la fatiga.

Las estructuras soldadas pueden repararse muy fácilmente a diferencia del resto.

Las conexiones soldadas permiten ajustes de proyecto más fácilmente que en otro tipo de conexiones.

### 1.4 Desventajas.

Las conexiones rígidas pueden no ser óptimas en el diseño.

La revisión de las conexiones soldadas no es muy sencilla con respecto al resto.

La creencia de la baja resistencia a la fatiga en conexiones soldadas (no se permite aún en algunos puentes ferroviarios U.S.A).


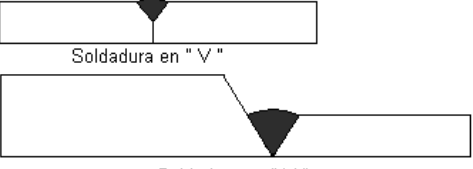
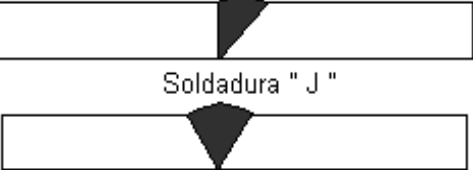
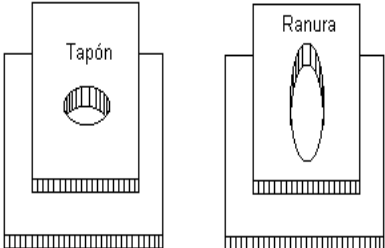
Entre los procesos de Arco se incluyen la soldadura de electrodo cubierto, conocido como MAA/SMAW (Manual Metal Arc/ Shielded Metal Arc Weldng), GMAW (Gas Metal Arc Welding) o también conocido como MIG (Metal Inert Gas) y el sistema de alta deposición por Arco Sumergido SAW (Submerged Arc Welding).

Existen Otras variantes como la PAW (Plasma Arc Welding) Soldadura por Plasma, EW (Electro Slag) y la soldadura (sin arco eléctrico) por fricción FSW (Friction Stir Welding) que forman parte de los nuevos avances tecnológicos que se adelantan en los procesos de soldaduras para crear alternativas adaptadas a los procedimientos de alta producción y limitaciones especiales de ciertos procesos o materiales.

### 1.5 Clasificación de soldadura. (Representaciones principales en soldadura):



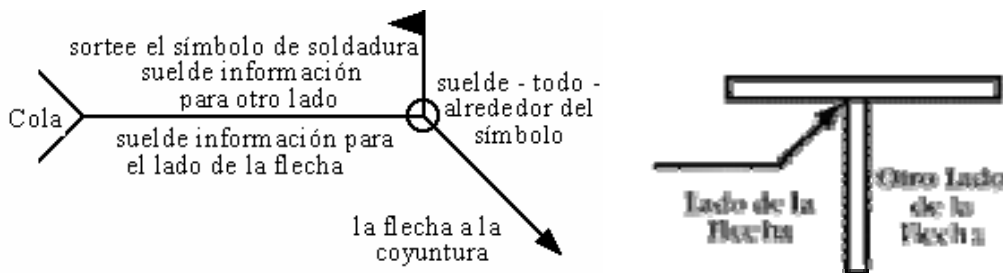
**POR SU TIPO:**

	<p><b>FILETE:</b> el cordón está formado en su sección transversal por un ángulo diedro Este tipo de soldadura sirve para unir dos piezas no alineadas entre sí; y por ser este caso muy común en la conexión de miembros estructurales, se emplea en el 80 % de los casos.</p>
	<p><b>SOLDADURAS DE PENETRACION (RANURA):</b> Se obtienen depositando metal de aportación entre los bordes de dos placas que pueden estar alineadas en el mismo plano.</p>
	<p><b>PENETRACION PARCIAL:</b> cuando la soldadura no penetra totalmente las placas, o cuando una placa es más delgada que la otra.</p>
<p><b>PENETRACION COMPLETA:</b> cuando la soldadura atraviesa todo el espesor de las placas (iguales). Esta soldadura se prefiere cuando las placas o elementos planos deben quedar en el mismo plano. Son aproximadamente el 15 % de las estructuras metálicas.</p>	
	<p><b>SOLDADURAS DE TAPON Y RANURA:</b> se hacen en placas traslapadas, relleno por completo con metal de aportación un agujero circular (tapón) o alargado (ranura) hecho en una de ellas y teniendo como fondo la otra placa. Se emplean cuando la longitud de filete no es suficiente para proporcionar toda la resistencia de la conexión. Forman aproximadamente el 5 % de las estructuras metálicas.</p>

**1.6 Descifrando los símbolos de la soldadura.**

Cuando las soldaduras son especificadas en planos y dibujos isométricos de ingeniería de fabricación, un conjunto de símbolos es usado para identificar el tipo de soldadura, las dimensiones y otras informaciones referente al proceso y el acabado.

**ANSI/AWS A2.4, Símbolos para soldadura. "ver siguiente figura"**




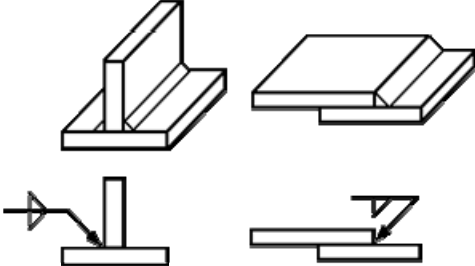
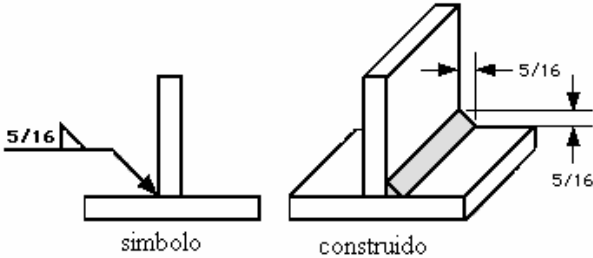
Algunas veces la flecha apunta los dos lados de la junta, por consiguiente, existirían dos lados potencialmente apropiados para ejecutar la soldadura, por ejemplo en una junta "T" cuando dos láminas son unidas la soldadura puede ser hecha en cualquiera de los lados de la "T"

El símbolo hace la distinción entre los dos lados de la junta usando la flecha y los espacios debajo y encima de la línea de referencia, los lados (curiosamente) son conocidos como: "El lado de la flecha" y "El otro lado" y la soldadura se ejecuta de acuerdo a las instrucciones dadas en la parte de arriba de la línea de referencia y la orientación de la flecha no interfiere con estas instrucciones.

La bandera que sale de la línea de referencia esta presente si la soldadura se efectuara en campo o durante el armado de la estructura, un símbolo de soldadura sin la bandera indica que la soldadura se efectuará en el taller pero en algunos planos y dibujos antiguos puede ser encontrado un circulo negro en la unión entre la línea de referencia y la flecha.

La cola del símbolo de soldadura es el sitio donde se coloca la información suplementaria concerniente a la soldadura a ejecutar y puede contener referencias del proceso requerido, electrodo, un detalle de dibujo y cualquier información que ayude a la ejecución de la soldadura que no tenga un lugar especial en el símbolo, plano o la isometría. Cada tipo de soldadura tiene su símbolo básico el cual, típicamente, se sitúa al rededor del centro de la línea de referencia (dependiendo de cual sea el lado de la junta) y este símbolo es usualmente un dibujo que representa la sección transversal de la junta misma y estas están divididas en tres grupos:

**1.7 Soldadura de filete.**

	<p>Las soldaduras de filete son usadas para hacer juntas de enfrentamiento perpendicular como esquinas y las juntas "T" y como su propio símbolo lo sugiere estas soldaduras son, básicamente, triangulares vistas desde su sección, aunque su forma no es siempre un triangulo perfecto o isósceles.</p>
	<p>La soldadura fundida es depositada en la esquina formada por la característica de la unión de dos miembros penetrando y fundiéndose con el metal base para formar la junta.</p>
	<p>La cara perpendicular del triangulo siempre es dibujada en la parte izquierda del símbolo, si las dos caras de la soldadura son de la misma dimensión, entonces solo una medida es dada.</p>

<p style="text-align: center;">simbolo                      construido</p>	<p>En el caso de soldaduras intermitentes o interrumpidas, el largo de cada porción de la soldadura y los espacios que las separan, son indicado en el símbolo siendo separados con un guión (-) y el largo de la porción de soldadura va seguido de la dimensión centro-centro del espacio; estos siempre se colocan a la derecha del símbolo del filete (triangulo).</p>
--	--

### 1.8 Soldadura acanalada o de inserción.

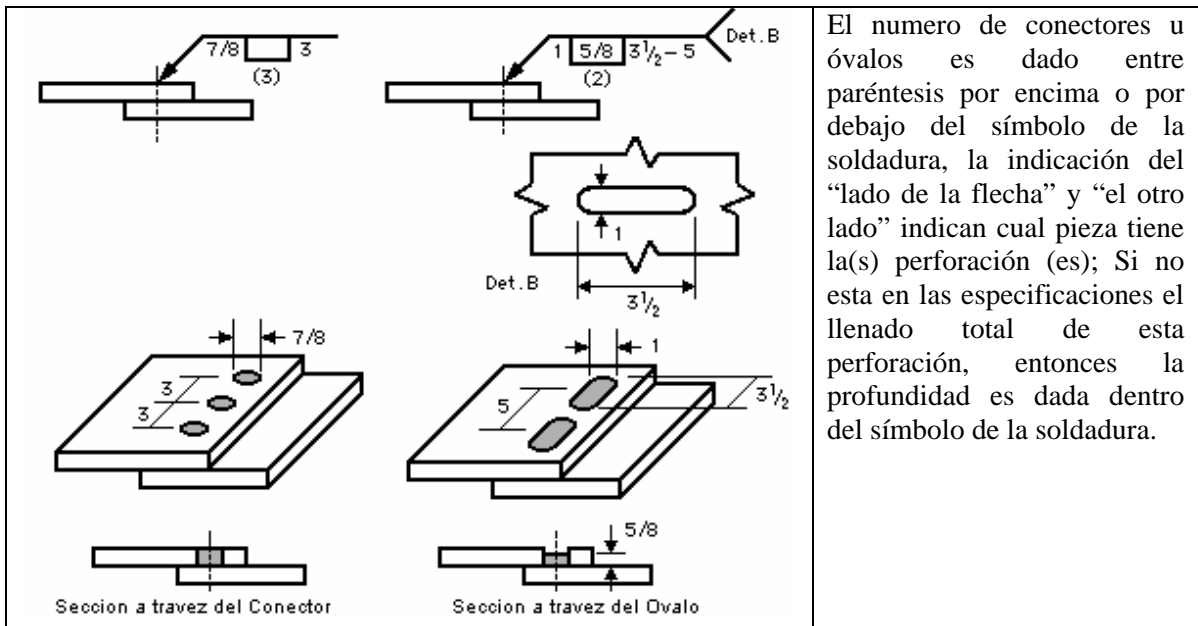
	<p>Las soldaduras de Canal son usadas comúnmente para hacer juntas de bordes con bordes, aunque también son usadas frecuentemente en esquinas, juntas “T”, juntas curvas y piezas planas. Como lo sugiere la variedad de símbolos para estas soldaduras, hay muchas maneras de hacer soldaduras de Canal y la diferencia principal dependerá de la geometría de las partes que serán unidas y la preparación de sus bordes.</p> <p>El metal soldado es depositado entre el canal penetrando y fundiéndose con el metal base para formar la junta, por limitaciones de dibujo grafico la penetración no es indicada en los símbolos pero en este tipo de soldaduras la penetración es sumamente importante para la buena calidad de la soldadura.</p>
	<p>La soldadura de canal cuadrado, en la cual el canal es creado por una separación específica o ninguna separación, incluyendo hasta cierta presión de oposición, la distancia de la separación (si existe) es dada en el símbolo.</p>
	<p>Las soldaduras de canal “V”, en la que los bordes son biselados, a veces por un lado o por los dos lados, para crea el canal, el ángulo del bisel es dado en el símbolo así como la luz de separación o separación de la raíz (si existiera).</p>
	<p>En la soldadura de canal “U”, en la cual ambos bordes son tratados para crear un canal cóncavo, la profundidad de este canal, la garganta efectiva y la separación de la raíz o luz de la separación son descritas usando el método del Canal “V” en esta sección.</p>



	<p>En la soldadura de “V” curva, comúnmente usada para unir dos partes curvas o dos partes tubulares la profundidad propuesta de la soldadura es dada a la izquierda del símbolo, con la profundidad de la garganta efectiva entre paréntesis.</p>
	<p>En la soldadura de canal con bisel curvo, comúnmente usada para unir una pieza curva o tubular a una pieza plana, como con la V curva (anterior), formada por dos superficies curvas o tubulares, la profundidad propuesta de la soldadura es dada a la izquierda del símbolo, con la profundidad de la garganta efectiva entre paréntesis. La línea perpendicular es dibujada siempre al lado izquierdo del símbolo sea cual sea la orientación de la soldadura.</p>
	<p>El alto del refuerzo (si fuera crítico) es indicado a la izquierda del símbolo de penetraron saliente, el cual esta situado.</p>

### 1.9 Soldadura de conexión y de óvalo.

	<p>Soldadura de conexión y de óvalos es usada para unir láminas sobrepuestas una de las cuales tienen perforaciones (redondas para conexiones y ovaladas o alargadas para Óvalos). Metal soldado es depositado en estas perforaciones penetrando y fundiéndose con el metal base de las dos partes formando la junta, por limitaciones de dibujo grafico, la penetración no es indicada en los símbolos pero en este tipo de soldadura la penetración es sumamente importante para la buena calidad de la soldadura. En la soldadura de conexión el diámetro de cada conector es dado a la izquierda del símbolo y el espacio entre los conectores es dado a la derecha, en la soldadura de óvalos el ancho de cada ovalo es dado a la izquierda del símbolo, el largo y la distancia entre espacios (separados por un guión”-“) son dados a la derecha del símbolo y la referencia del detalle en la cola.</p>
--	---



El numero de conectores u óvalos es dado entre paréntesis por encima o por debajo del símbolo de la soldadura, la indicación del “lado de la flecha” y “el otro lado” indican cual pieza tiene la(s) perforación (es); Si no esta en las especificaciones el llenado total de esta perforación, entonces la profundidad es dada dentro del símbolo de la soldadura.

## II. RESISTENCIA DE DISEÑO EN SOLDADURA.

La resistencia de diseño de las soldaduras es igual al menor de los siguientes resultados:

$$R_S = F_R \times F_{MB}$$

$$R_S = F_R \times F_S \text{ ----- (1)}$$

Donde:

$F_{MB}$  = resistencia nominal del metal base

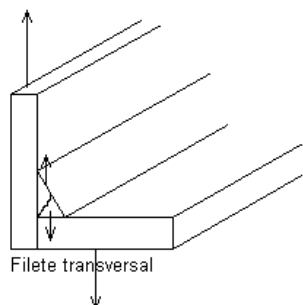
$F_S$  = resistencia nominal del metal de aporte (electrodo)

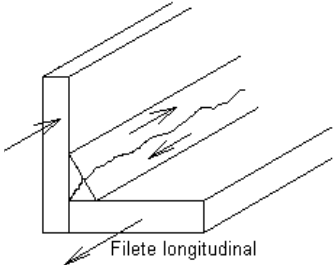

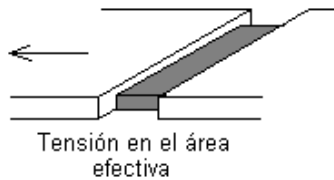

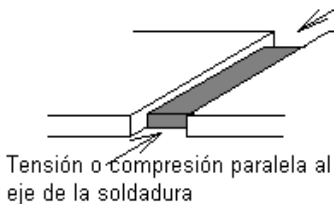

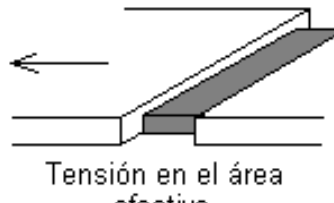
Las soldaduras utilizadas deberán resistir gran número de repeticiones de carga durante su vida útil, y se diseñaran tomando en cuenta la posibilidad de falla por fatiga.

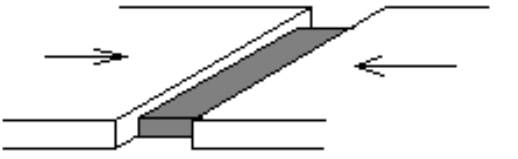
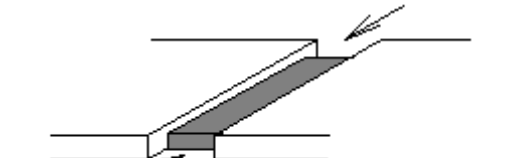
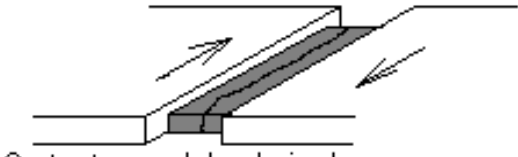
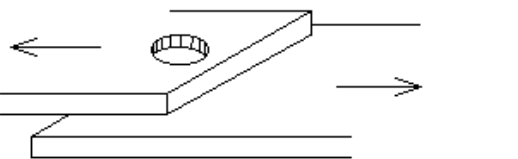
### 2.1 Reglamento NTC- DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS (MEXICO):

$F_R$	CASO
0.9	Resistencia a tensión para estado límite de flujo plástico en la sección total, resistencia a flexión y cortante en vigas, determinación de cargas críticas, tensión o compresión paralela al eje de soldaduras tipo filete y de penetración parcial.
0.80	Tensión normal al área efectiva en soldaduras de penetración parcial cortante en el área efectiva en soldaduras de penetración completa.
0.75	Resistencia a tensión por estado límite de fractura en la sección neta, resistencia a compresión para estado límite de pandeo local en secciones tipo 4, cortante en el área efectiva en soldaduras de filete, cortante paralela al eje de la soldadura de penetración parcial, resistencia a tensión de tornillos.
0.70	Resistencia a compresión de columnas de sección transversal circular hueca tipo 4.
0.60	Resistencia al cortante en conexiones por aplastamiento.

La sig. Tabla es importante para determinar el tipo de soldadura y diferentes valores para la resolución de la formula (1)

Tipo de soldadura	Material	$F_R$	$F_{MB}$ o $F_S$	Nivel de resistencia requerido
Soldadura tipo filete.				
 <p>Filete transversal</p>	Metal base*	----	-----	Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor que la compatible con el metal base

 <p>Filete longitudinal</p>	Electrodo	0.75	$0.6 F_{EXX}$	El diseño del metal base queda regido de acuerdo al caso particular, que está sufriendo de acuerdo a las NTC
 <p>Normal en el área efectiva</p>	Metal base	0.90	$F_y$	
Soldadura de penetración completa.				
 <p>Tensión en el área efectiva</p>	Metal base	0.90	$F_y$	Debe usarse soldadura compatible con el metal base (E60, E70)
 <p>Compresión en el área efectiva</p>	Metal base	0.90	$F_y$	Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor que la soldadura compatible con el metal base
 <p>Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura</p>	Metal base	0.90	$F_y$	
 <p>Cortante paralelo al eje de la soldadura</p>	Metal base Electrodo	0.90 0.80	$0.60 F_u$ $0.60 F_{EXX}$	
Soldadura de penetración parcial				
 <p>Tensión en el área efectiva</p>	Metal base Electrodo	0.90 0.80	$F_y$ $0.60 F_{EXX}$	Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor a la del electrodo compatible al metal base

 <p>Compresión en el área efectiva</p>	Metal base	0.90	F <sub>y</sub>	
 <p>Tensión o Compresión paralela al eje de la soldadura</p>	Metal base	0.90	F <sub>y</sub>	* De acuerdo a la conexión que soporte el material se diseñara de acuerdo a las NTC
 <p>Cortante paralelo al eje de la soldadura</p>	Metal base* Electrodo	0.75	0.60 F <sub>EXX</sub>	
Soldadura de tapón o ranura.				
 <p>Cortante paralelo a las superficies de falla en área efectiva</p>	Metal base* Electrodo	0.75	0.60 F <sub>EXX</sub>	Puede usarse soldadura con resistencia igual o menor que el del electrodo compatible con el metal base

### III. SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA

Tenemos muchos símbolos en nuestra sociedad tecnológica. Tenemos señales y rótulos que nos dicen lo que debemos hacer y dónde ir o lo que no debemos hacer o dónde no ir. Las señales de tránsito son un buen ejemplo. Muchas de estas señales ya son de uso internacional no requieren largas explicaciones y, con ellas, no hay la barrera del idioma, porque cualquier persona los puede interpretar aunque no conozcan ese idioma. En la soldadura, se utilizan ciertos signos en los planos de ingeniería para indicar al soldador ciertas reglas que deben seguir, aunque no tenga conocimientos de ingeniería. Estos signos gráficos se llaman símbolos de soldadura. Una vez que se entiende el lenguaje de estos símbolos, es muy fácil leerlos.

Los símbolos de soldadura se utilizan en la industria para representar detalles de diseño que ocuparían demasiado espacio en el dibujo si estuvieran escritos con todas sus letras. Por ejemplo, el ingeniero o el diseñador desean hacer llegar la siguiente información al taller de soldadura:

- El punto en donde se debe hacer la soldadura.
- Que la soldadura va ser de filete en ambos lados de la unión.
- Un lado será una soldadura de filete de 12 mm.; el otro una soldadura de 6 mm.
- Ambas soldaduras se harán un electrodo E-6014.
- La soldadura de filete de 12 mm. se esmerilará con máquina que desaparezca
- Para dar toda esta información, el ingeniero o diseñador sólo pone el símbolo en el lugar correspondiente en el plano para transmitir la información al taller de soldadura







El Símbolo de Soldadura empieza con una línea horizontal llamada de referencia. Los símbolos utilizados sobre la línea o debajo de esta deben llevar siempre la misma orientación, independientemente de la localización de la flecha.

El siguiente símbolo es la flecha la cual puede ser usada en cualquiera de los dos extremos o en ambos y hacia arriba o hacia abajo


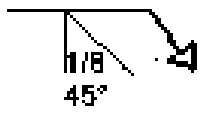




Enseguida esta el símbolo del tipo de soldadura. Cuando se coloca debajo de la línea de referencia indica que la soldadura va en el lado de la flecha o lado cercano de la unión y cuando se coloca sobre la línea de referencia la soldadura va en el otro lado de la unión. *Ver siguiente cuadro.*

 De filete	 De bisel	 En "V"	 En "U"
 en "J"	 De tapón	 Cordón o de espaldar	 Cordón Sobre superficie

 Cuadrada o a Tope	 Bisel Abocardado	 Abocardado en "V"	 De fusión
 De puntos por Resistencia Eléctrica	 De costura por resistencia		

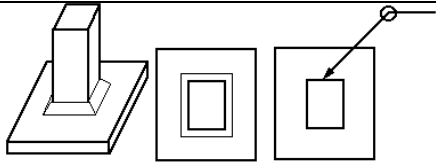
El Tamaño de la soldadura cuando se usa soldadura de ranura indica la profundidad del chaflán cuando no se usan paréntesis la dimensión anotada indica la penetración al fondo de la ranura.

	La abertura de la raíz en soldaduras de ranura se indica dentro del símbolo.
	El Angulo de la soldadura de bisel y en "V" se indica debajo de la dimensión de la raíz.
	En Soldadura de tapón el espaciamiento se indica a la derecha del símbolo y el tamaño se indica a la izquierda.
	A menos que se especifique otra cosa la profundidad de llenado en soldaduras de ranura o de tapón debe ser completa. Cuando la profundidad, es menor que la ranura se indica dentro del símbolo.

El espaldado o soldadura de espaldar se usa para indicar el cordón que va del otro lado en soldaduras de ranura sencilla.



El símbolo de soldadura de fusión solo se usa cuando se requiera una penetración completa en soldaduras aplicadas en un solo lado y es indicado del otro lado de la soldadura de ranura.



Un círculo vacío entre la línea de referencia y la flecha es una indicación de que la soldadura debe ser ejecutada alrededor o en toda la circunferencia de la unión como en este ejemplo.



#### IV. PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO MANUAL "SMAW" (*Figura 5.1*)

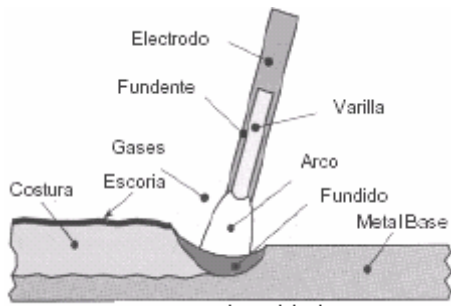


fig. 5.1 proceso de soldadura con arco.

La Soldadura de Arco Manual o MMA es también conocida como Soldadura de Electrodo Cubierto, Soldadura de Varilla o Soldadura de Arco Eléctrico, es la más antigua y más versátil de todos los diferentes procesos de soldadura de arco.

Un Arco Eléctrico es mantenido entre la punta de un electrodo cubierto (Coated Electrode) y la pieza a trabajar. Las gotas de metal derretido son transferidas a través del arco y son convertidas en un cordón de soldadura, un escudo protector de gases es producido de la descomposición del material fundente que cubre el electrodo, además, el fundente también puede proveer algunos complementos a la aleación, la escoria derretida se escurre sobre el cordón de soldadura donde protege el metal soldado aislándolo de la atmósfera durante la solidificación, esta escoria también ayuda a darle forma al cordón de soldadura especialmente en soldadura vertical y sobre cabeza. La escoria debe ser removida después de cada procedimiento.

Oscar Kjellberg fue el inventor del electrodo cubierto, y con este la invención de la soldadura de arco, cuando en 1904 entrego en la oficina de patentes de Suecia una nota escrita a mano que describía su invención única, hasta ahora y al pasar del tiempo cientos de diferentes variedades de electrodos son producidos, a veces conteniendo aleaciones para el trabajo estructural metálico, fuerza y ductilidad para la soldadura.

Las labores más ligeras son efectuadas usando potencia AC por el bajo costo de los transformadores que la producen, el trabajo de alta producción industrial usualmente requiere de fuentes DC más poderosas y grandes rectificadores, para darle la polaridad exacta al proceso. El proceso es principalmente usado para soldar aleaciones ferríticas en trabajos metálicos estructurales, fabricación de barcos e industrias en general. A pesar de lo relativamente lento del proceso, por el recambio de electrodos y la remoción de la escoria, se mantiene como una de las técnicas más flexibles y sus ventajas en áreas de acceso restringido son notables.

La Sociedad Americana de Soldadura "AWS" ha establecido una serie de códigos de identificación y a su vez de Clasificación para los diferentes productos que las grandes y medianas fabricas de electrodos producen para abastecer el mercado, estos códigos se han convertido en la referencia mas comúnmente usada en Latino-América por su fácil reconocimiento y manejo y aunque algunos fabricantes nombran sus productos con sus propios nombres comerciales, los usuarios en su mayoría prefieren llamarlos por su código de identificación de la AWS.

Otras agencias, especializadas en áreas específicas, han establecido sus código para identificar sus productos, como algunas agencias que regulan los productos de uso militar, Militar "MIL", La Sociedad Americana de Ingenieros Metalúrgicos (American Society of Metallurgical Engineer) "ASME", el Bureau Americano de constructores de Barcos (American Bureau of Shipping) "ABS", el Bureau Canadiense de Soldadura (Cannadian Bureau of Welding) "CBW", solo para nombrar los mayores.

Los electrodos, en particular, tienen su propio código en todas las agencias que los clasifica, que los separa de los demás productos y los hace identificables de manera específica, el código que AWS usa para esto, y que probablemente sea el más popular en Latino-América se ha convertido en la referencia que más comúnmente se usa para clasificar, son el AWS A5.1 para los electrodos de acero "dulce" o de relleno, y el AWS A5.5 para los electrodos de aleación de acero (alto contenido de carbón), muchos los identifican separándolos erróneamente como "Electrodos de Bajo Hidrogeno y Electrodos de Alto Hidrogeno" respectivamente, pero algunas variaciones de los electrodos en ambas clasificaciones contienen en sus fundentes altas o bajas cantidades de Hidrogeno que los excluye de esa referencia.

Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1				
Electrodo cubierto de Acero "Dulce"				
E - X X X X				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Lo identifica como electrodo			(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo	
(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.			(5) Indica la usabilidad del electrodo, Ej.: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos	

Ejemplo: E-6010

E = Electrodo

60 = 60 X 1000 PSI = 60.000 PSI de fuerza tensil

1 = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza) \*\*

0=DCEP (direct current electrode positivo) Corriente Directa "DC" electrodo positivo "+" \*

\*\* Ver tabla de posición de operación del electrodo

E XX1X	=	Cualquier Posición (De piso, horizontal, sobre cabeza y vertical)
E XX2X	=	Horizontal y de piso solamente
E XX3X	=	De piso solamente
E XX4X	=	De piso, sobre cabeza, horizontal y vertical hacia abajo.

\* Ver la tabla debajo para más detalles de los dos últimos dígitos

Clasf.	Corriente	Arco	Penetración	Fundente y Escoria
EXX10	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Sodio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX1	AC o DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX2	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Titanio - Sodio (0 - 10 % de Polvo de Hierro)
EXXX3	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Potasio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXXX4	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX5	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX6	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Potasio (0% de Polvo de Hierro)

			Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX8	AC o DCEP	Mediano		
EXX20	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX22	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX24	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
EXX27	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX28	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX48	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)

DCEP - Corriente Directa Electrodo Positivo DCEN - Corriente Directa Electrodo Negativo

Nota: El porcentaje del polvo de Hierro esta calculado en base al peso del fundente

Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.5						
Electrodo cubierto de baja aleación de acero						
E - X X X X- XX						
(1) (2) (3) (4) (5) (6)(7)						
(1) Lo identifica como electrodo				(4) Indica la usabilidad del electrodo, Ej.: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativo		
(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.				(5) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo.		
(6) y (7) Composición química del material después de depositado.						

Ejemplo: E-7018-Mo

E = Electrodo cubierto

70 = 70 X 1000 PSI = 70.000 PSI de fuerza tensil

1 = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza) \*\*

8 = AC o DCEP Corriente Alterna o Corriente Directa con electrodo positivo "+" \*

Mo = Molibdeno en el material después de depositado

\* Ver la tabla arriba para mas detalles de los dos últimos dígitos

\*\* Ver tabla de posición de operación del electrodo

#### 4.1 Especificaciones para electrodos.

Las especificaciones sobre productos de soldadura que más se emplean son las que emite la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society, AWS) pero para casi todos estos productos también existen las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Estas normas establecen los requisitos para la clasificación de varillas, electrodos y metales de aporte empleados en soldadura.

Las especificaciones electrodos para el proceso de soldadura por arco metálico recubierto son las siguientes:

*Para Acero al carbono:*

AWS A 5.1-81. "Specification for carbon steel Covered Arc Welding Electrodes"

NOM-H-77-1983. "Electrodos de acero al carbono recubiertos, para soldadura por arco eléctrico".

*Para Acero de baja aleación:*

AWA A 5.5-81. "Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes".

NOM-H-86-1983. "Electrodos de baja aleación, recubiertos, para soldadura por arco eléctrico".

Consideraciones para la selección de electrodos.

La selección de electrodos para una aplicación específica, en términos generales, se basa en los siguientes factores:

- Propiedades mecánicas del metal base a soldar.
- Composición química del metal base a soldar.
- Espesor y forma del metal base a soldar.
- Especificaciones y condiciones de servicio de la estructura a fabricar.
- Tratamiento térmico que se aplicará a la estructura a fabricar.
- Posiciones de soldadura posibles durante la fabricación.
- Tipo de corriente de soldadura y polaridad a emplear.
- Diseño de la unión.

En el caso particular de los aceros de alta resistencia o los inoxidable, la selección de electrodos generalmente está limitada a uno o dos electrodos diseñados específicamente para dar una composición química determinada en el metal depositado.

En el caso de los arcos al carbono y de baja aleación, la selección de electrodos debe basarse, además de la composición química y resistencia mecánica del metal de soldadura, en otras características de los electrodos. Esto se debe a que para aceros al carbono y de baja aleación, hay varios tipos diferentes de electrodos que pueden proporcionar la misma composición química en el metal de soldadura. En este caso, el electrodo se selecciona para obtener la calidad deseada al más bajo costo, esto es, el electrodo a elegir es aquel que permite la más alta velocidad de soldadura para cada unión en particular.

\* Electrodos para "Solidificación rápida.

Son aquellos diseñados para depositar metal de soldadura que solidifique rápidamente después de haber sido fundido por el arco. Estos electrodos sirven para soldar en posiciones verticales y sobre cabeza (además de la plana y la horizontal)

Electrodos pertenecientes a esta clasificación: E-6010, E-6011, E-7010-A1, E-7010 G.

*Características principales:*

- Alta penetración.
- Son de "bajo depósito".
- Dejan poca escoria.
- Producen mucho chisporroteo
- Arco fuerte

Recomendaciones:

- 1.- Protéjase y proteja a otros de las chispas y del metal caliente.
- 2.- No suelde donde las chispas pueden alcanzar materiales inflamables o explosivos.
- 3.- Si la ventilación es pobre, use un respirador autónomo adecuado.
- 4.- No suelde en metales recubiertos con plomo, zinc o cadmio a menos que: el recubrimiento sea removido del área de soldadura, el área de trabajo sea bien ventilado o si utiliza un respirador adecuado. Los recubrimientos y cualquier metal que contengan estos recubrimientos forman humos tóxicos si se les suelda.

*Aplicaciones principales:*

- Propósitos generales de fabricación y mantenimiento
- Para posiciones verticales y sobre-cabeza
- Soldadura en tuberías.
- Soldadura sobre superficies galvanizadas o no muy limpias.
- Uniones que requieren alta penetración.
- Soldadura de láminas delgadas en juntas de borde, esquina y a tope.
- bajos de fondeo y/o de raíz. Fabricación de recipientes a presión, estructuras, oleoductos, carrocerías y pailería.

\* Electrodo para "Llenado rápido"

Estos electrodos están diseñados para proporcionar cantidades relativamente altas de metal fundido y son adecuados para realizar soldaduras de "alta velocidad". El metal de soldadura solidifica con relativa lentitud y por esta razón, estos electrodos no son adecuados para realizar soldaduras fuera de posición.

Electrodos pertenecientes a esta clasificación: E-7024, E-6027, E-7020-A1.

*Características principales:*

- Poca penetración
- Proporcionan "alto depósito"
- Permiten velocidades de soldadura relativamente elevadas.
- Producen mucha escoria.
- Producen muy poco chisporroteo.

*Aplicaciones principales:*

- Soldadura de planchas de 5 Mm. (3/16") o mayor espesor.
- Soldaduras de filete en posiciones horizontal y plana y soldaduras de ranura profunda en uniones a tope.
- Soldaduras de acero de mediano contenido de carbono y con tendencia al agrietamiento (cuando no se dispone de electrodos de bajo hidrógeno).

### \*Electrodos para "Llenado-Solidificación"

Estos electrodos están diseñados para proporcionar características intermedias entre los electrodos para solidificación y llenado y proporcionar así relaciones de depósito y penetración "medianas". Arco suave y estable, toda posición, buen acabado, fácil desprendimiento de escoria. Ideal para posición vertical descendente.

Electrodos pertenecientes a esta clasificación: E-6012, E-6013, E-6014.

#### *Características principales:*

- De penetración y llenado medianos.
- Producen cantidades medianas de chisporroteo y escoria.

#### *Principales aplicaciones:*

- Soldaduras de filete en posición vertical descendente.

#### *Propósitos generales:*

Balconería, herrería, fabricación de estructuras ligeras, carrocerías y herrería artesanal.  
Soldaduras cortas o irregulares que cambian de posición o dirección durante la aplicación.  
Soldaduras de filete en láminas delgadas.

### \* Electrodos de bajo hidrogeno.

Estos electrodos están diseñados para producir soldaduras de alta calidad en aplicaciones en las cuales el metal base tiene tendencia al agrietamiento, los espesores a soldar son relativamente grandes (mayores a 19 Mm.) O cuando el metal base tiene un contenido de aleantes ligeramente mayor al de los aceros dulces.

Los electrodos de bajo hidrógeno están disponibles ya sea con las características de llenado rápido o solidificación rápida.

\* Electrodos revestidos para aceros inoxidables: E-308L-16, E-310, E-312-16 y E-316L-16, E 309-16, E 310-16.

Nombre comercial: AW IL

Clasificación AWS: **E 308L-16**

Características: Buena resistencia a la corrosión ínter granular, obteniendo una zona afectada por el calor (ZAC) muy reducida, mínima precipitación de carburos. Fácil encendido, reencendido y remoción de escoria. Deja un cordón liso y fino, sin socavación. Utilizar C.A. C.D.

**Usos y aplicaciones:** Para aceros inoxidables tipos 302, 308, 304 y grado " L". Industria alimentaria, vitivinícola, siderúrgica y agitadora. Aplicaciones generales, estructuras de acero inoxidable 304. Utilizado también para inoxidables de la serie 200.

Nombre comercial: AW IMoL

Clasificación AWS: **E 316L-16**

Características: Mayor resistencia a la corrosión activa por su contenido de Molibdeno. Soporta temperaturas mayores de trabajo sin cambio en su estructura cristalina. Utilizar C.A. C.D.

**Usos y aplicaciones:** Para aceros inoxidables tipos 316, 321 y 316L. Partes de turbinas, quemadores, evaporadores y cámaras de combustión. En la industria química, petroquímica, Papelera y pailería especializada.

Nombre comercial: INOX WELD 309

Clasificación AWS: **E 309-16**

Características: Fácil encendido, reencendido y mínimo chisporroteo. Deja cordones de apariencia lisa y fina sin socavación. Resiste temperaturas de trabajo hasta 1000 °C. Utilizar C.A. C.D.

**Usos y aplicaciones:** Para uniones y revestimientos en aceros disímiles 25/20 Cr Ni. Une los aceros tipo 405, 420 y 430. En la industria cementera, de fertilizantes, fabricación de hornos, válvulas y reparaciones en general.

Nombre comercial: AW II

Clasificación AWS: **E 310-16**

Características: Fácil encendido y reencendido, mínimo salpique. Deja cordones de apariencia lisa y fino acabado sin socavación. Resiste temperaturas de trabajo hasta 1200 °C. Utilizar C.A. C.D.

**Usos y aplicaciones:** Para piezas que vayan a estar sometidas a desgastes por corrosión producidos por altas temperaturas. Fabricación de válvulas, catalizadores, intercambiadores de calor y reactores. En la industria Petrolera, alimenticia y química.

Nombre comercial: AW 880

Clasificación AWS: Tipo **E 312-16**

Características: Facilita la liga con todos los metales, alta resistencia mecánica y resistencia a la corrosión. Utiliza C.A. C.D. Temperatura de servicio hasta 450 °C.

**Usos y aplicaciones:** Liga universal entre aceros inoxidables y aceros al carbono, incluyendo los de mediana y baja aleación. Para cualquier industria que repare piezas automotrices, engranes, flechas, muelles y matrices.

#### **4.2 ¿Que pasa con los electrodos cuando están expuestos a las temperaturas normales en un taller?**

En el lapso de dos horas, a 80% de humedad relativa, los electrodos pueden absorber hasta 13 veces mas de la humeada permitida por la mayoría de los códigos. En 24 horas, los electrodos podrían haber absorbido hasta 26 veces por encima del 0.02% permitido

***Cuidado con esos electrodos que tienen en el fundente mas de 0.20% de humedad, durante la soldadura, podrían liberan hidrogeno estimulando la aparición de grietas.***

El fundente que cubre los electrodos, especialmente los de bajo hidrogeno, tiende a atraer la humedad efecto que se conoce como Higroscopia, la humedad es una de las mayores causas de grietas y porosidad en la soldadura.

Es verdad que agua sola no puede estropear la soldadura, pero el calor del arco tiene un efecto directo en la humedad, separando sus elementos básicos, hidrogeno y oxigeno. Estos elementos por separado cuando están presentes en la soldadura no son mas que portadores de defectos que pueden amenazar seriamente la calidad de la soldadura, además del agua, existen otras fuentes de contaminación que traen hidrogeno como el aceite, la grasa, sucio y la misma capa de fundente.

Los átomos de hidrogeno producidos de la descomposición de la humedad presente en el momento del arco de la soldadura, se asientan en los vacíos atómicos estructurales de la solución, si el metal se enfría lo suficientemente rápido, no todo el hidrogeno es absorbido, algunos emigran a la zona afectada de calor (HAZ) del metal base. Algunos forman gasificaciones o simplemente se evaporan y otros ayudan a formar esas impurezas indeseables en la soldadura.

La capacidad del acero de absorber hidrogeno, se incrementa con la temperatura, en el momento de estar en su estado liquido (fundido), la soldadura puede absorber mas de 0.0024% de hidrogeno y cuando la temperatura alcanza los 1426 Grados Centígrados (2600 °F) cuando llega al punto austenitico, la solubilidad del hidrogeno es al rededor de 0.001%. Cuando la estructura es ferritita a 871 Grados Centígrados (1600 °F) la solubilidad del hidrogeno cae a cerca de 0.00025% y a una temperatura normal de 22 Grados Centígrados (70 °F) es de al rededor de 0.0002%. Como el contenido de los depósitos de electrodos estándar va desde 0.0001% hasta 0.002%, hay un riesgo significativo de generar suficiente nivel de hidrogeno para sobresaturar la soldadura fundida, el operador debe reducir al mínimo el hidrogeno presente en la capa de fundente de los electrodos si desea soldaduras de calidad.

Cuando la temperatura de la soldadura es elevada al punto critico (el punto de temperatura donde ocurre la transformación de una fase metalúrgica a la otra) y se convierte en austenitico completamente, si enfriado lentamente se convierte en una estructura martensitica quebradiza. Enfriado rápidamente el austenitico no se convierte en martensitico rígido.

Cuando el austenitico cambia muy lentamente a martensitico desde una temperatura de 205 Grados centígrados (400 °F) a temperatura ambiente se genera una transformación retardada, el metal se micro agrieta y fisura, si a esto se suman las tensiones, las grietas podrían agravarse siendo fácilmente detectables, el defecto puede aparecer en la soldadura en las áreas de transición o en el mismo metal base, dependiendo de como se halla movido el hidrogeno o las condiciones en las que fue atrapado.

No esta claramente establecido de que la causa pura de la aparición de porosidad en la soldadura sea el hidrogeno, pero si se sabe que influye en la cantidad de porosidad concentrada. Prevenir las quebraduras por hidrogeno es critico, detectar un defecto es difícil y frecuentemente es encontrado después que la soldadura es ya puesta en servicio, al igual que el cáncer crece y empeora con el tiempo. Los aceros de alta resistencia dependen de cuan alta es la cantidad de carbón que contienen o sus bajas propiedades de transformación al martensitico, esto demanda una vigilancia muy cuidadosa a las posibilidades de que la soldadura absorba hidrogeno durante el proceso ya que esto afecta su composición química.



**GUÍA PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LOS FUNDENTES**

Especificación AWS	Almacenados en aire acondicionado antes de abrir RH = Humedad Relativa	En el Horno después de abiertos	Después de una exposición a la humedad por suficiente tiempo para afectar la calidad de la soldadura	
			Paso 1	Paso 2
Celulosa EXX10 EXX11 EXX20	(21 – 49) °C (70 - 120 °F) 50% Máx. RH	(38 – 49) °C (100 - 120 °F)	No Recomendado	No Recomendado
Titania (Rutilicos) EXX12 EXX13 EXX14	(21 – 49) °C (70 - 120 °F) 50% Máx. RH	(38 – 49) °C (100 - 120 °F)	(82 – 110) °C (180 - 230 °F) 1/2 Hora	(121 – 149) °C (250 - 300 F) 1 Hora
Polvo de Hierro M.S. EXX24 EXX27	(21 – 49) °C (70 - 120 °F) 50% Máx. RH	(38 – 49) °C (100 - 120 °F)	82 - 110 °C (180 - 230 °F) 1/2 Hora	(204 – 260) °C (400 - 500 °F) 1/2 Hora
Polvo de Hierro Bajo Hidrogeno EXX18 EXX28 Bajo Hidrogeno EXX15 EXX16 Bajo Hidrogeno Alta Resistencia EXXX15 EXXX16 EXXX18	(21 – 49) °C (70 - 120) °F 50% Máx. RH	(121 – 149) °C (250 - 300 °F)	82 - 110 °C (180 - 230) °F 1-1/2 Hora	(343 – 399) °C (650 - 750) °F 1 Hora
Inoxidables EXXX-15 EXXX-16	(4.5 – 49) °C (40 - 120) °F 60%(+/-10) Máx. RH	(122 – 149) °C (250 - 300) °F	(82 – 104) °C (180 - 220) °F 1-1/2 Hora	(260 – 316) °C (500 - 600) °F 1 Hora
Inconel Monel Níquel De Endurecimiento	(4.5 – 49) °C (40 - 120) °F 60%(+/-10) Máx. RH	(66 – 93) °C (150 - 200) °F	(82 – 110) °C (180 - 230) °F 1/2 Hora	No Recomendado
Latón Bronce	(4.5 – 49) °C (40 - 120) °F 60%(+/-10) Máx. RH	(66 – 93) °C (150 - 200) °F	No Recomendado	No Recomendado
Fundentes granulados o aglomerados	(4.5 – 49) °C (40 - 120) °F 60%(+/-10) Máx. RH	(38 – 93) °C (100 - 200) °F	Solo bajo instrucciones del fabricante	

## V. PROCESO GMAW/MIG (MICROALAMBRE). (*Figura 6.1*)

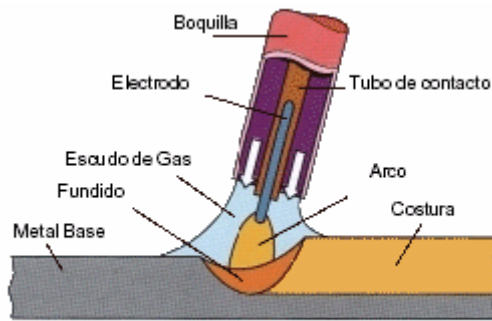


Fig. 6.1 Proceso MIG

La soldadura GMAW (gas metal arc Welding) o Soldadura MIG (Metal Inert Gas) es también conocida como Gas Arco Metal o MAG, donde un arco eléctrico es mantenido entre un alambre sólido que funciona como electrodo continuo y la pieza de trabajo. El arco y la soldadura fundida son protegidos por un chorro de gas inerte o activo. El proceso puede ser usado en la mayoría de los metales y la gama de alambres en diferentes aleaciones y aplicaciones es casi

infinita.

La soldadura MIG es inherentemente más productiva que la MMA (Soldadura de arco manual), donde las pérdidas de productividad ocurren cada vez que el soldador se detiene para reemplazar el electrodo consumido. En la soldadura de arco manual también es notable la pérdida cuando el restante de el electrodo que es sujetado por el porta electrodo es tirado a la basura, (en algunos casos es reciclado).

Por cada Kilogramo de varilla de electrodo cubierto comprado, solamente al rededor del 65% es aprovechado como parte de la soldadura (el resto es tirado a la basura o solo en algunos casos reciclado). El uso de alambre sólido y el alambre tubular ha incrementado la eficiencia entre 80-95 % a los procesos de soldadura.

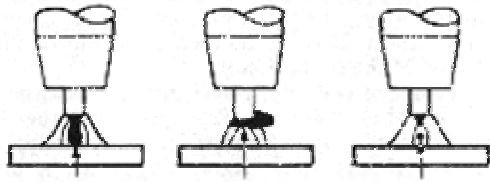
El proceso MIG opera en D.C. (corriente directa) usualmente con el alambre como electrodo positivo. Esto es conocido como "Polaridad Negativa" (Reverse Polarity), La "Polaridad Positiva" (Straight Polarity) es raramente usada por su poca transferencia de metal de aporte desde el alambre hacia la pieza de trabajo. Las corrientes de soldadura varían desde unos 50 Amperios hasta 600 Amperios en muchos casos en voltajes de 15V hasta 32V, un arco auto-estabilizado es obtenido con el uso de un sistema de fuente de poder de potencial constante (voltaje constante) y una alimentación constante del alambre.

Usos:

Construcción mecánica automotriz, industria del transporte. Enseñanza en institutos técnicos. Líneas de producción en fabricación de recipientes para usos en la industria. Muebles y estructuras metálicas en la ingeniería civil. Plantas de procesos industriales. Talleres de reparación de carrocerías automotrices. Herrería artística y ornamental. Talleres de herrería y hojalatería. Talleres mecánicos en general. Fabricación de anuncios. Fabricación de muebles metálicos para oficina, casa y jardín. Fabricación de equipo médico, equipo electromagnético, equipo para la industria farmacéutica, equipo para la industria alimentaria, equipo automotriz, etc.

Continuos desarrollos al proceso de soldadura MIG lo han convertido en un proceso aplicable a todos los metales comercialmente importantes como el acero, aluminio, acero inoxidable, cobre y algunos otros. Materiales por encima de 0.076 mm. (.030-plg.) De espesor pueden ser soldados en cualquier posición, incluyendo "de piso", vertical y sobre cabeza.

Es muy simple escoger el equipo, el alambre o electrodo, el gas de la aplicación y las condiciones optimas para producir soldaduras de alta calidad a muy bajo costo.



Corto circuito    Globular    Rociado (Spray)

Fig. 6.1.2

El proceso básico MIG incluye tres técnicas muy distintas: Transferencia por "Corto Circuito", transferencia "Globular" y la transferencia de Arco Rociado (Spray Arc)" (Fig. 6.1.2). Estas técnicas describen la manera en la cual el metal es transferido desde el alambre hasta la soldadura fundida.

### 5.1 Transferencia por corto circuito.

En la transferencia por **corto circuito**, también conocido como "Arco Corto", "Transferencia espesa" y "Micro Wire", la transferencia del metal ocurre cuando un corto circuito eléctrico es establecido, esto ocurre cuando el metal en la punta del alambre hace contacto con la soldadura fundida.

La soldadura MIG por la técnica de corto circuito se obtiene usando un alambre de bajo calibre de 0.030-plg. (0.76 mm.) Hasta 0.045-plg. (1.1 mm.) De diámetro y la operación se efectúa con un arco más corto (bajo voltaje) y corriente mas baja. El producto final es un cordón de soldadura mas reducido que se enfría más rápido.

Esta técnica de soldadura es particularmente útil para juntar materiales más delgados en cualquier posición, así como materiales más gruesos en posición vertical y sobre cabeza, también para rellenar grandes cavidades. La técnica de soldadura por corto circuito debería ser usada donde evitar la distorsión de la pieza a ser soldada sea requerido.

El metal es transferido desde el alambre a la soldadura fundida solo cuando se establece el contacto entre estos, o cada vez que ocurra un corto circuito. El alambre hace cortocircuito con la pieza de 20 a 200 veces por segundo.

Al momento que el alambre toca la soldadura fundida (A), la corriente comienza a incrementarse hasta alcanzar el punto de corto circuito, entonces el metal es transferido, se enciende el arco pero como el alambre es alimentado más rápido de lo que en realidad se puede fundir, eventualmente el arco es apagado (extinguido) por otro corto circuito.

Para asegurar la buena estabilidad del arco, cuando se usa esta técnica, debe ser empleada una corriente de soldadura relativamente baja, la tabla a continuación ilustra los rangos de corriente óptimos para el corto circuito con diferentes diámetros de alambres, estos rangos pueden ser una referencia dependiendo del gas seleccionado.

Diámetro del electrodo		Corriente en Amperios	
Plg.	mm.	mínimo	máximo
0.03	0.076	50	150
0.035	0.09	75	175
0.045	1.1	100	225

## 5.2 Transferencia globular.

En la **transferencia globular** el proceso ocurre cuando las gotas del metal fundido son lo suficientemente grandes para caer por la influencia de la fuerza de gravedad.

En tanto que la corriente y el voltaje de soldadura son incrementados por encima del máximo recomendado para la soldadura de arco por la técnica de corto circuito, el metal transferido comienza a tener una apariencia diferente, esta técnica es comúnmente conocida como transferencia globular. Usualmente las gotas de metal o Moltens superan en diámetro al alambre mismo haciéndolas tan pesadas que se desprenden cayendo ayudadas por el efecto de la gravedad.

Esta técnica es muy poco usada por su dependencia de la posición de piso, ya que depende de la gravedad para completar el efecto de la técnica, este modo de soldar podría ser errático en ciertas aplicaciones y presenta muchas veces salpicaduras y los cortos circuitos del alambre son muy comunes, restando tiempo al proceso, no obstante algunos han logrado estabilizar el proceso convirtiéndolo en una técnica alternativa en aplicaciones especiales.

## 5.3 Transferencia por rociado

En la **transferencia por rociado** (spray arc) diminutas gotas de metal fundido llamadas "Moltens" son arrancadas de la punta del alambre y proyectadas por la fuerza electromagnética hacia la soldadura fundida.

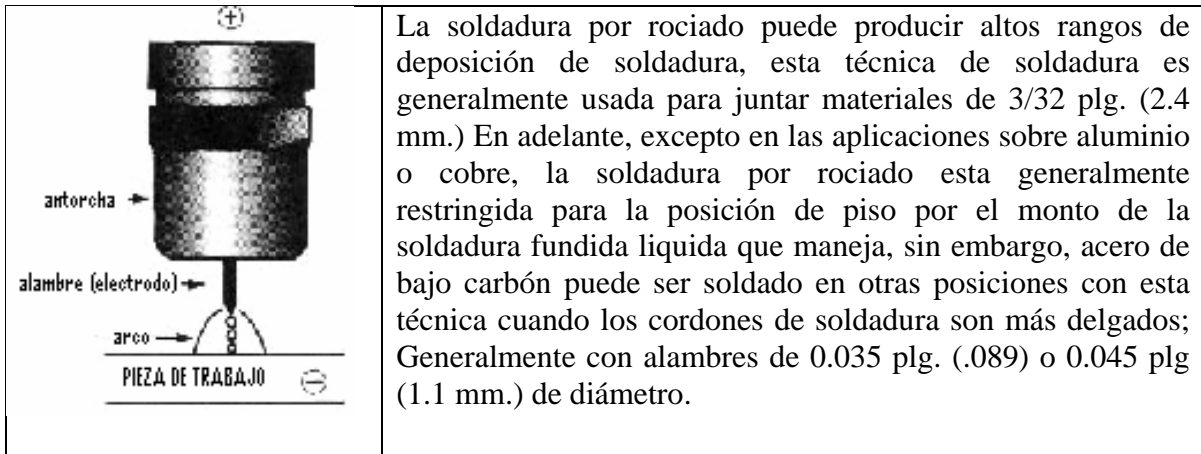
Elevando los niveles de corriente y voltaje más allá de los límites de la soldadura por corto circuito y la globular, la transferencia del metal se convierte en un arco eléctrico que produce un rocío de metal (Spray Arc).

La corriente mínima con la cual esto ocurre es llamada "corriente de transición".

Tipo de electrodo (alambre)	Diámetro del Alambre			Corriente mínima de transición en Amperios
	plg.	mm.		
Bajo Carbón	.030	.76	98% Argon-2% oxy	150
Bajo Carbón	.035	.89	98% Argon-2% oxy	165
Bajo Carbón	.045	1.1	98% Argon-2% oxy	220
Bajo Carbón	.052	1.3	98% Argon-2% oxy	240
Bajo Carbón	.062	1.6	98% Argon-2% oxy	275
Acero Inoxidable	.035	.89	99% Argon-1% oxy	170
Acero Inoxidable	.045	1.1	99% Argon-1% oxy	225
Acero Inoxidable	.062	1.6	99% Argon-1% oxy	285
Aluminio	.030	.76	Argon	95
Aluminio	.046	1.19	Argon	135
Aluminio	.062	1.6	Argon	180
Cobre desoxidado	.035	.89	Argon	180
Cobre desoxidado	.045	1.1	Argon	210
Cobre desoxidado	.062	1.6	Argon	310
Bronce silicón	.035	.89	Argon	165
Bronce silicón	.045	1.1	Argon	205
Bronce silicón	.062	1.6	Argon	270

Como se puede ver en la **tabla arriba**, la corriente de transición depende del diámetro del alambre y el gas usado, no obstante, si el gas usado para soldar acero al carbón contiene más de 15% de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), no se logra la transición de transferencia globular a transferencia por rociado.

La figura muestra la fina columna del alambre, la punta afinada por el rociado y las gotas de metal del alambre (moltens) son reducidas en diámetro dejando la posibilidad de un arco estable, solo en raros casos esta técnica produce corto circuito y las salpicaduras son muy poco asociadas con esta técnica de soldadura.



Usualmente una cantidad de metal rociado llamado "Doplet" es transferida durante cada periodo de corriente alta. El sistema de pulsos (la frecuencia) utilizada en los Estados Unidos es solo 60 o 120 pulsos por segundo.

Dado que el periodo de corriente esta dentro de la región de arco rociado la estabilidad del arco con esta técnica es muy similar a la de la soldadura por rociado convencional. El periodo de baja corriente mantiene el arco y sirve para reducir la corriente promedio, por consiguiente, la técnica de rociado pulsado produciría un arco rociado a un promedio de corriente más baja de la requerida para el rociado convencional. El promedio bajo hace posible lograr soldaduras en materiales más delgados, con técnica de rociado, usando alambres más gruesos, que en cualquier otro caso seria imposible.

*La soldadura de arco pulsado puede también ser usada en materiales pesados y en posiciones especiales.*

Los factores que determinan la manera en que los metales son transferidos son la corriente de soldadura, el diámetro del alambre, la distancia del arco (voltaje), las características de la fuente de poder y el gas utilizado en el proceso. La soldadura MIG es un proceso versátil, con el cual se puede depositar soldadura a un rango muy alto y en cualquier posición. El proceso es ampliamente usado en laminas de acero de bajo y mediano calibre de fabricación y sobre estructuras de aleación de aluminio particularmente donde existe un alto requerimiento de trabajo manual o trabajo de soldador.

Desde su aparición en el mundo de la soldadura, todas las agencias de regulación y clasificación de los metales de aporte tomaron muy en serio este proceso y la creación de su propio código de clasificación fue indispensable, en el caso de la Sociedad Americana de Soldadura AWS, se crearon dos códigos por separado.

Uno para las aleaciones de bajo contenido de Carbón o también conocido como acero dulce y uno para las aleaciones de alto contenido de Carbón o donde la composición química final del material aportado fuera cambiada de forma dramática.

Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.18	
Electrodos de acero al carbón para soldadura de arco protegida por gas"	
<u>ER - X XX S - X</u>	
(1) (2) (3) (4)	
(1) Las primeras dos letras lo identifican como alambre o varilla desnudas	(3) Sólido
(2) Fuerza tensil X 1000 PSI	(4) Composición química del alambre

Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.28	
Electrodos de acero al carbón para soldadura de arco protegida por gas"	
ER - XXX S - XXX	
(1) (2) (3) (4)	
(1) Las primeras dos letras lo identifican como alambre o varilla desnudas	(3) La letra intermedia indica su estado físico Sólido
(2) Los tres primeros números indican la Fuerza tensil X 1000 PSI	(4) Los últimos tres dígitos indican la composición química del alambre

Lo que determina la ejecución correcta de este proceso es:

La fluidez de la soldadura fundida.

La forma del cordón de la soldadura y sus bordes.

La chispa o salpicaduras que genera).

Un buen procedimiento de soldada esta caracterizado por la poca presencia de porosidad, buena fusión, y una terminación libre de grietas o quebraduras.

#### 5.4 Porosidad.

	<p>La porosidad, es una de las causas mas frecuentemente citadas de una soldadura pobremente ejecutada, es causada por el exceso de oxigeno de la atmósfera, creada por el gas usado en el proceso y cualquier contaminación en el metal base, que, combinado con el carbón en el metal soldado forma diminutas burbujas de monóxido de carbono (CO). Algunas de estas burbujas de CO pueden quedar atrapadas en la soldadura fundida después que se enfría y se convierten en poros mejor conocidos como porosidad.</p>
--	--

Típicamente el proceso MIG es reconocido como un proceso de muy poca deposición de Hidrogeno. Factores como la humedad en el gas protector, condiciones atmosféricas y las condiciones del metal a ser soldado podrían tener una variación en el grado de efecto adverso sobre el Hidrogeno de fusible en el material depositado.

#### *El Control de la porosidad.*

Una suficiente desoxidación del cordón de soldadura es necesaria para minimizar la formación de monóxido de carbono CO y, por consiguiente, la porosidad. Para lograr esto, algunos fabricantes han desarrollado alambres que contienen elementos con los cuales el oxígeno se combina preferentemente al carbón para formar escorias inofensivas. Estos elementos, llamados desoxidantes, son Manganeseo (Mn), Silicio (Si), Titanio (Ti), Aluminio (Al), y Zirconio (Zr).

Aluminio, Titanio y Zirconio son los desoxidantes mas poderosos, quizás cinco veces mas efectivos que el Manganeseo y el Silicio, no obstante estos últimos dos elementos afectan de manera especial el proceso y por eso son ampliamente utilizados, las cantidades de Manganeseo podrían variar desde 1.10% hasta 1.58% y en el caso del silicón desde un 0.52% hasta 0.87%.

#### **5.5 Importancia de la fluidez.**

La fluidez de la soldadura fundida en el cordón de soldadura es muy importante por varias razones. Cuando la soldadura fundida es suficientemente fluyente, mientras esta en su estado líquido, tiende a moverse sola llenando los espacios hasta los bordes produciendo una forma rasa, con formas más gentiles especialmente en las soldaduras de filetes. Esto es muy importante para las soldaduras de corto circuito de multi-paso, donde un defecto de "carencia de fusión" puede ocurrir si la forma en los pasos iniciales es pobre. Soldaduras rasas bien moldeadas son también bien apreciadas cuando la apariencia es una de las principales preocupaciones y donde el uso de esmeriles sea necesario para llegar a cumplir los requerimientos del trabajo.

Precaución: Excesiva fluidez podría generar problemas en la ejecución de la soldadura en ciertas posiciones o haciendo soldaduras sobre filetes cóncavos horizontales.

Influencia del Gas y el Arco de la soldadura

El uso de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) causa más turbulencias en la transferencia del metal del alambre al metal base con la tendencia a crear cordones de soldadura mas abultados y un alto incremento de las salpicaduras.

Las mezclas de gases con bases de Aragon (Ar) proveen transferencias de metales más estables y uniformes, buena forma del cordón de soldadura y las salpicaduras son reducidas al mínimo, además de un rango mas bajo en la generación de humo.

El incremento en el Voltaje del arco tiende a incrementar la fluidez, haciendo las soldaduras mas rasas, afectando la penetración de los bordes y generando más salpicaduras, Los voltajes mas altos reducen considerablemente la penetración y podrían causar la perdida de elementos que forman parte de la aleación.

**Alimentación con hilo** (*Fig. 6.1.3*): antes de poner en marcha un aparato MIG, es necesario fijar el tubo por el que se efectuará la alimentación con hilo y con gas.

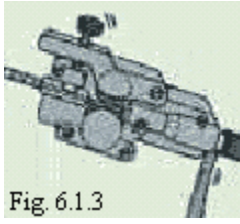


Fig. 6.1.3

En el extremo de este tubo se encuentra una boquilla con un borde tubular. El rodillo está provisto de dos ranuras para el hilo de 0,6 y 0,8mm. Se puede elegir la ranura más adecuada haciendo girar este rodillo que, acoplado al otro rodillo, asegura un transporte suave del hilo. La velocidad en la que se desenrolla el hilo se regula, de forma continua, a partir de un panel de control. Un tornillo de reglaje permite

ajustar la presión ejercida sobre el hilo. Una vez puesto en marcha el transporte del hilo hasta el borde tubular del tubo, abra el reductor de presión de la botella de gas. El aparato ya está listo para funcionar. Al fijar la pinza de masa sobre la pieza a soldar, cierre el circuito eléctrico: ya puede comenzar.



## VI. PROCESO DE SOLDADURA TIG "GTAW" (Figura 7.1)

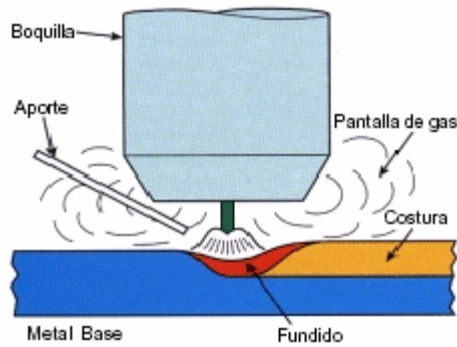


Fig. 7.1 Proceso TIG

La soldadura GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) o Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) es también conocida como soldadura Heli arc, es un proceso en el que se usa un electrodo no consumible de tungsteno sólido, el electrodo, el arco y el área al rededor de la soldadura fundida son protegidas de la atmósfera por un escudo de gas inerte, si algún metal de aporte es necesario es agregado a la soldadura desde el frente del borde de la soldadura que se va formando.

La soldadura TIG fue desarrollada inicialmente con el propósito de soldar metales anticorrosivos y otros metales difíciles de soldar, no obstante al pasar del tiempo, su aplicación se ha expandido incluyendo tanto soldaduras como revestimientos endurecedores (Hardfacing) en prácticamente todos los metales usados comercialmente

En cualquier tipo de proceso de soldadura la mejor soldadura, que se puede obtener, es aquella donde la soldadura y el metal base comparten las mismas propiedades químicas, metalúrgicas y físicas, para lograr esas condiciones la soldadura fundida debe estar protegida de la atmósfera durante la operación de la soldadura, de otra forma, el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera se combinarían, literalmente, con el metal fundido resultando en una soldadura débil y con porosidad. En la soldadura TIG la zona de soldadura es resguardada de la atmósfera por un gas inerte que es alimentado a través de la antorcha, Argon y Helio pueden ser usados con éxito en este proceso, el Argon es mayormente utilizado por su gran versatilidad en la aplicación exitosa de una gran variedad de metales, además de su alto rendimiento permitiendo soldaduras con un bajo flujo para ejecutar al proceso. El Helio genera un arco mas caliente, permitiendo una elevación del voltaje en el arco del 50-60%. Este calor extra es útil especialmente cuando la soldadura es explicada en secciones muy pesadas. La mezcla de estos dos gases es posible y se usa para aprovechar los beneficios de ambos, pero la selección del gas o mezcla de gases dependerá de los materiales a soldar.

Dado que la atmósfera esta aislada 100 % de el área de soldadura y un control muy fino y preciso de la aplicación de calor, las soldaduras TIG, son mas fuertes, mas dúctiles y mas resistentes a la corrosión que las soldaduras hechas con el proceso ordinario de arco manual (electrodo cubierto). Además del hecho de que no se necesita ningún fundente, hace este tipo de soldaduras aplicable a una amplia gama de diferentes procedimientos de unión de metales.

Es imposible que ocurra una corrosión debido a restos de fundente atrapados en la soldadura y los procedimientos de limpieza en la post-soldadura son eliminados, el proceso entero se ejecuta sin salpicaduras o chispas, la soldadura de fusión puede ser ejecutada en casi todos los metales usados industrialmente, incluyendo las aleaciones de Aluminio, Acero Inoxidable, aleaciones de Magnesio, Níquel y las aleaciones con base de Níquel, Cobre, Cobre-Silicón, Cobre-Níquel, Plata, Bronce fosforico, las aleaciones de acero de alto carbón y bajo carbón, Hierro Colado (cast iron) y otros.

El proceso también es ampliamente conocido por su versatilidad para soldar materiales no similares y aplicar capas de endurecimiento de diferentes materiales al acero.

El Gas "El escudo protector"

El escudo de gas que expulsa la antorcha es muy importante para asegurar soldaduras de calidad. La forma de todas las partes internas y externas de la boquilla ha sido creada para lograr las características apropiadas del flujo de gas.

Usos:

Con su salida de corriente alterna y directa, nos permite usar una mayor variedad de tipos de electrodos, lo que las hace muy recomendables en: Talleres de soldadura. Plantas de procesos industriales. Fabricación de recipientes y pailas usados en la industria: química, petrolera, ferroviaria, naval, farmacéutica, alimentaria. Fabricación de equipo médico, equipos electromecánicos, equipo para la industria farmacéutica y fabricación de equipo para la industria alimentaria.

La fuente de poder para TIG puede ser AC o DC, sin embargo, algunas características sobresalientes obtenidas con cada tipo, hacen a cada tipo de corriente mejor adaptable para ciertas aplicaciones específicas.

Las siguientes son unas referencias útiles al momento de efectuar los ajustes iniciales de los sistemas aplicados.

Guía para determinar el tipo de corriente

Diametro del electrodo en Pulgadas	AC*		DCSP	DCRP
	Usando Tungsteno Puro	Usando Tungsteno Thoriado o Electrodo "Rare Earth" **	Usando Tungsteno Puro, Thoriado, o "Rare Earth"	
.020"	5 – 15	8 - 20	8 – 20	---
.040	10 – 60	15 – 80	15 – 80	---
1/16"	50 – 100	70 – 150	70 – 150	10 – 20
3/32"	100 – 160	140 – 235	150 – 250	15 – 30
1/8"	150 – 210	225 – 325	250 – 400	25 – 40
5/32"	200 – 275	300 – 425	400 – 500	40 – 55
3/16"	250 – 350	400 – 525	50 – 800	55 – 80
¼"	325 – 475	500 – 700	800 – 1000	80 – 125
<p>* Los valores maximos mostrados han sido determinados usando un transformador de onda desbalanceada, si un transformador de onda balanceada es usado, reduzca estos valores 30% o use el proximo diametro de electrodo mas grueso. Esto es necesario dado el alto calor que aplica al electrodo una onda balanceada.</p> <p>**Los electrodos con la punta redondeada son los que mejor sostienen estos niveles de corriente.</p>				

Guía para determinar la corriente aplicada

Material	Corriente Alternada*	Corriente Directa	
	Con estabilizacion de alta frecuencia	Con Polaridad Negativa	Con Polaridad Positiva
Magnesio hasta 1/8" de espesor	1	NR	2
Magnesio sobre 3/16" de	1	NR	NR
Magnesio Colado	1	NR	2
Aluminio hasta 3/32" de espesor	1	NR	2
Aluminio sobre 3/32" de	1	NR	NR
Aluminio Colado	1	NR	NR
Acero Inoxidable	2	1	NR
Aleaciones de Laton Bronze	2	1	NR
Cobre Silicon	NR	1	NR
Plata	2	1	NR
Aleaciones Hastelloy	2	1	NR
Revestimientos de Plata	1	NR	NR
Endurecimientos	1	1	NR
Hierro Colado	2	1	NR
Acero bajo Carbon, 0.015 a	2**	1	NR
Acero bajo Carbon, 0.030 a	NR	1	NR
Acero alto Carbon, 0.015 a 0.030 plg.	2	1	NR
Acero alto Carbon, 0.030 plg. o mas	2	1	NR
Cobre desoxidado***	NR	1	NR
Titanio	NR	1	NR

1 Exelente Operacion

2 Buena Operación

N.R. No recomendado

\* Donde AC es recomendado como segunda opcion, use serca de 25% corriente mas alta de lo recomendado para DCSP

\*\* No use corriente AC cuando las piezas tengan aserramientos texturas muy complejas

\*\*\* Use Fundente para soldadura d flama o fundente de Silicon Bronze para 1/4 plg. o mas grueso

**Tabla para seleccionar el Gas según el proceso y metal a ser aplicado**

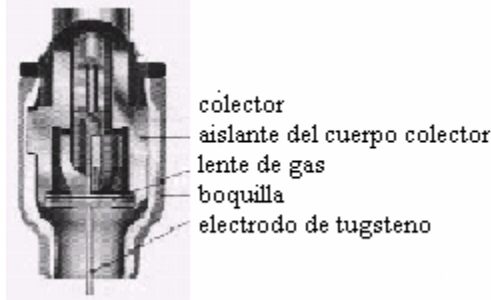
Metal	Tipo de Soldadura	Gas o Mezcla de Gases	Rasgos sobresalientes / Ventajas
Acero Dulce	Punteada	Argon	Larga duracion del electrodo, mejor contorno del cordon, mas facil de establecer el arco inicial
	Manual	Argon	Mejor control del cordon especialmente en soldaduras en posiciones especiales
	Mecanizada	Argon-Helio	Alta velocidad, menos flujo de gas que con Helio
		Helio	Mas velocidad que la obtenida con Argon
Aluminio y Magnesio	Manual	Argon	Mejor arranque del arco, mejor accion de limpieza y calidad de soldadura, menos consumo de gas
		Argon-Helio	Mas alta velocidad de soldadura, mayor penetracion que con Argon
	Mecanizada	Argon-Helio	Buena calidad de soldadura, mas bajo flujo de gas requerido que con Helio solo
		Helio DCSP	Mas profunda penetracion y mayor velocidad de soldadura, puede proveer accion de limpieza para las soldaduras en aluminio y magnesio
Acero Inoxidable	Punteada	Argon	Exelente control de la penetracion en maeriales de bajo calibre
		Argon-Helio	Mas alta entrada de calor para materiales de mayor calibre
	Manual	Argon	Exelente control de el cordon, penetracion controlada
	Mecanizada	Argon	Exelente control de penetracion en materiales de bajo calibre
		Argon-Helio	Mas alta entrada de calor, mas velocidad de soldadura es posible
		Argon-Hidrogeno (Hasta 35% H2)	Minimiza el corte en los bordes del cordon, produce soldaduras de contornos deseables a bajo nivel de corriente, requiere bajo flujo de gas
Cobre, Nickel y Aleaciones Cu-Ni	Manual solamente	Argon	Exelente control del cordon, penetracion en materiales de bajo calibre
		Argon-Helio	Alta entrada de calor para compensar la alta disipacion termica de los materiales mas pesados
		Helio	Mas alta temperatura para sostener mas altas velocidades de soldadura en secciones de materiales mas pesados
Titanio	Manual Solamente	Argon	Alta densidad del gas provee un escudo mas efectivo
		Argon-Helio	Mejor penetracion para la soldadura manual de secciones gruesas (se requiere un gas inerte de respaldo para proteger la soldadura de la contaminacion)

Silicon Bronze	Manual Solamente	Argon	Reduce la aparición de grietas en este metal de corta duración de calor.
Aluminio Bronze	Manual Solamente	Argon	Penetración controlada de el metal base

### 6.1 Los Lentes Del Gas (Gas Lenses). *Fig. 7.1.2*

Con la introducción del "Lente del Gas" (Gas Lens) la forma con la que las boquillas elaboran el escudo de gas cambio, el Lente es una malla de acero inoxidable con diminutos agujeros concéntricos que enfocan el gas produciendo un chorro considerablemente estable, reduciendo la turbulencia y enfocando el gas en un chorro coherente y un patrón mas efectivo que puede ser proyectado a mayor distancia haciendo que la soldadura sea posible con la boquilla mas elevada, en muchos casos hasta 25 mm. (1 plg.).

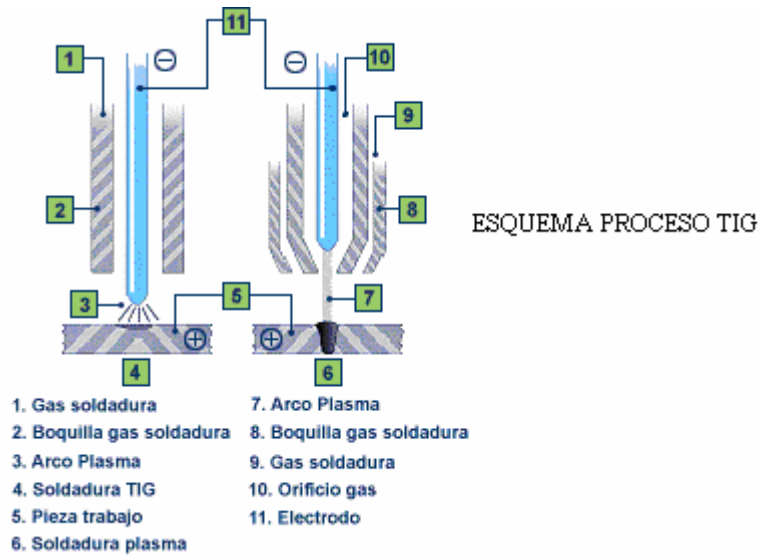
El resultado de reducir la turbulencia es tener un escudo mas efectivo y que las moléculas de aire que entren en la zona de soldadura sean muy pocas. Trabajando a mayor distancia del área permite la extensión de el electrodo mas allá de la boquilla incrementando el campo visual y la eliminación del "Punto Ciego" en el cordón de soldadura sin la necesidad de las boquillas de cristal transparentes que se manchan y rompen con mucha facilidad, el electrodo extendido también hace mas fácil el acceso a las esquinas y otras áreas de difícil acceso. La capacidad de amperaje de las antorchas también es incrementada con el uso de los lentes del gas.



*Fig. 7.1.2*

### 6.2 Soldabilidad en los aceros inoxidables austeníticos.

Los aceros inoxidables que contienen níquel son indispensables en la construcción de equipos para la industria de procesos. Estos aceros se usan en lugar de los aceros convencionales por sus excelentes propiedades tales como: resistencia a la corrosión, dureza a baja temperatura y buenas propiedades a alta temperatura. Los aceros inoxidables son una excelente elección para la construcción de equipos para la industria química, láctea, alimenticia, biotecnológica y para usos arquitectónicos y relacionados.



Influencia de las propiedades físicas en la soldadura de aceros inoxidable austeníticos, comparados con el acero al carbono

	Aceros inoxidables austeníticos	Aceros al carbono	Observaciones
Punto de fusión (Tipo 304)	1400 - 1450 °C	1540 °C	El Tipo 304 requiere menos calor para producir la fusión, lo cual significa una soldadura más rápida para el mismo calor, o menos calor para la misma velocidad.
Respuesta magnética	No magnético a todas las temperaturas (1)	Magnético hasta más de 705 °C	Los aceros inoxidable al níquel no están sujetos a la soldadura de arco.
Velocidad de conductividad térmica A 100 °C A 650 °C	28% 66%	100 % 100%	El Tipo 304 conduce el calor mucho más lentamente que los aceros al carbono, lo cual produce gradientes de temperatura más pronunciados. Esto acelera la deformación. Una difusión más lenta del calor a través del metal de base significa que la zona soldada permanece caliente por más tiempo, resultado de lo cual puede ser una mayor precipitación de carburos, a menos que se usen medios artificiales para extraer el calor, tales como barras enfriadoras, etc.
Resistencia Eléctrica (aleado) (microhm.cm, Aprox.) a 20 °C a 885 °C	72.0 126.0	12.5 125	Esto es importante en los métodos de fusión eléctrica. La resistencia eléctrica más grande del tipo 304 resulta en la generación de más calor para la misma corriente, o la misma cantidad de calor con menos corriente, comparado con los aceros al carbono. Esta propiedad, junto con una menor velocidad de conductividad térmica, resulta en la efectividad de los métodos para soldadura por resistencia del Tipo 304.

Expansión térmica en el rango indicado pulg./pulg./°C x 10-6	17.6 (20 - 500 °C)	11.7 (20 - 628 °C)	El tipo 304 se expande y contrae a una velocidad más alta que el acero al carbono, lo cual significa que se debe permitir expansión y contracción a fin de controlar la deformación y el desarrollo de tensiones térmicas después del enfriamiento. Por ejemplo, para el acero inoxidable deben usarse más puntos de soldadura que para el acero al carbono.
--	-----------------------	-----------------------	--

(1) Los aceros inoxidables dúplex son magnéticos.

### 6.3 Propiedades físicas de los aceros inoxidables Austeníticos

Las propiedades físicas de los aceros al carbono y los inoxidables austeníticos son bastante diferentes, y esto requiere una revisión de los procesos de soldadura. En la Tabla I de Propiedades Físicas, se incluyen algunos ítems como el punto de fusión, expansión térmica, conductividad térmica, y otros que no cambian significativamente con el tratamiento térmico o mecánico. Como se ilustra en esta Tabla, el punto de fusión de los grados austeníticos es menor, así que se requiere menos calor para lograr la fusión. Su resistencia eléctrica es mayor que la de los aceros comunes, así que se requiere menos corriente eléctrica para la soldadura. Estos aceros inoxidables tienen un coeficiente de conductividad térmica menor, lo cual causa que el calor se concentre en una zona pequeña adyacente a la soldadura. Los aceros inoxidables austeníticos también tienen coeficientes de expansión térmica aproximadamente 50% más grandes que los aceros al carbono, lo cual requiere más atención en el control de la distorsión y deformación.

### 6.4 Factores que afectan la resistencia a la corrosión de las soldaduras en acero inoxidable.

Antes de discutir las pautas para la soldadura, es útil describir los tipos de soldaduras y las superficies de acero inoxidable que darán el mejor resultado en ambientes corrosivos. Estos son factores que pueden controlar los soldadores, y no la elección del material, la cual se hace generalmente por el usuario final o por el Ingeniero en Materiales. La fabricación de equipos resistentes a la corrosión debiera ser un esfuerzo conjunto de la selección de la aleación correcta y entonces emplear las prácticas correctas de fabricación y soldadura. Ambos elementos son esenciales.

### 6.5 Penetración completa de las soldaduras.

Es bien sabido que para lograr una óptima resistencia, las soldaduras a tope deben penetrar completamente.

En servicio corrosivo, cualquier rendija resultante de la falta de penetración es un sitio potencial para el desarrollo de la corrosión por rendijas. Un ejemplo típico de una rendija indeseable es una fusión incompleta en la pasada de raíz en la soldadura en un caño. En algunos ambientes, la corrosión tiene lugar en la rendija, la cual, a su vez, puede dar lugar a una falla en la junta soldada.

## **6.6 Sellar las rendijas en las soldaduras.**

Las rendijas entre dos superficies de acero inoxidable tales como en los soportes para bandejas en un tanque, también favorece la corrosión por rendijas. Evitar tales rendijas es una responsabilidad del Ingeniero de Diseño. Sin embargo, es útil que aquellos que están haciendo el equipo lo ayuden a eliminar las rendijas siempre que sea posible.

## **6.7 Contaminación por hierro.**

Cuando un equipo nuevo de acero inoxidable desarrolla puntos de herrumbre, casi siempre es el resultado de la contaminación por partículas de hierro. En algunos ambientes, si el hierro no se elimina, puede tener lugar un severo ataque en forma de corrosión por picado. En atmósferas no tan exigentes, las partículas de hierro pueden actuar como un contaminante, afectando la pureza del producto, o presentar una apariencia superficial desagradable a la vista. El hierro libre resulta a menudo incluido en la superficie del acero inoxidable durante las operaciones de formado o soldado. Algunas reglas a seguir para evitar la inclusión de partículas de hierro son:

- No permitir el contacto de las superficies de acero inoxidable con elementos de hierro o acero.
- El contacto Podría provenir de herramientas de izado, mesas de acero o rack de almacenamiento, por citar algunas.
- No usar herramientas, tales como discos abrasivos que hayan sido previamente usados con hierro o acero ordinarios, ya que podrían tener hierro incrustado.
- Usar sólo cepillos de acero inoxidable que nunca hayan sido usado con hierro o acero al carbono. Nunca
- usar cepillos de alambre de acero al carbono.
- No dejar las planchas u hojas de acero inoxidable en el piso, expuestas al tráfico. Se deben guardar en posición vertical.
- Si es posible, realizar las operaciones de fabricación de los equipos de acero inoxidable en un lugar alejado de donde se realicen operaciones con hierro o acero al carbono, para evitar contaminaciones con partículas de hierro provenientes de amoladoras, herramientas de corte o arenadoras.
- La detección del hierro libre se discute más adelante.

## **6.8 Evitar óxidos superficiales de la soldadura.**

Para una mejor resistencia a la corrosión, las superficies de acero inoxidable deben estar libres de óxidos superficiales. Los óxidos pueden estar en la forma de tinte de calor, en el otro lado de la chapa, como resultante de la soldadura, o tinte de calor en la soldadura, o en la zona afectada por el calor (ZAC). Los óxidos también se pueden desarrollar en el lado interno de las cañerías soldadas con una purga inadecuada del gas inerte. Los óxidos pueden variar desde un color pajizo, pasando por el púrpura, hasta negro. Cuanto más coloreado es el óxido, más grueso es, y más fácilmente desarrollará la corrosión por picado, causando un serio ataque al metal subyacente. Se debe entender que los óxidos son peligrosos en ambientes corrosivos. Normalmente, los óxidos no necesitan ser eliminados cuando el acero inoxidable operará a alta temperatura, donde los óxidos se formarían nuevamente.



El tinte de calor a menudo conduce a la corrosión, una vez expuesto el acero inoxidable a la atmósfera u otro ambiente levemente corrosivo.

Cuando después de haber tomado todas las precauciones normales, todavía hay óxidos superficiales, deben ser eliminados mediante decapado ácido, blastinado o algunos de los otros métodos que se discuten en la limpieza de Posfabricación.

### 6.9 Otros defectos relacionados con la soldadura

Se listan tres defectos relacionados con la soldadura, y el procedimiento para su eliminación: Las marcas de encendido del arco dañan la capa protectora del acero inoxidable y crean imperfecciones similares a rendijas. Los puntos de parada de la soldadura pueden crear defectos similares a pinchazos de alfiler en el metal soldado. Ambas imperfecciones se deben eliminar mediante un ligero pulido con abrasivos de grano fino.

Las salpicaduras de soldadura crean pequeñas marcas donde el metal fundido toca la superficie y se adhiere. La capa protectora de óxido del acero inoxidable es penetrada y se crean pequeñas rendijas donde esta capa es más débil. Las salpicaduras de soldadura se pueden eliminar fácilmente aplicando una pasta a ambos lados de la soldadura, que previene la salpicadura. Esta pasta, junto con las salpicaduras, se lava en el proceso posterior de limpieza.

La escoria de algunas soldaduras practicadas con electrodos revestidos es difícil de eliminar completamente. Pequeñas partículas de escoria resisten la limpieza y permanecen particularmente donde hay pequeñas hendiduras u otras irregularidades. Estas partículas crean rendijas, y deben ser eliminadas mediante cepillado, un ligero pulido o blastinado con materiales libres de hierro.

Número P	Metal de Base
8	Aceros inoxidables austeníticos desde el tipo 304 hasta el 347 y la aleación 254 SMO,
10H	Aceros inoxidables dúplex, incluidas las aleaciones 255 y 2205, y las fundiciones CD 4Mcu
45	Aleaciones 904L y 20Cb-3 y aleaciones de molibdeno al 6% ,excepto la aleación 254 SMO

### 6.10 Calificación para soldadura.

Es una práctica normal para los fabricantes de equipos de proceso desarrollar o mantener especificaciones para procedimientos de soldadura, para los distintos tipos. Los operarios soldadores se prueban y certifican mediante la realización de soldaduras de calidad aceptable. Hay un número de códigos de Sociedades Industriales que gobiernan las calificaciones para la soldadura. Los dos más usados en Estados Unidos para equipos resistentes a la corrosión son:

- American Society of Mechanical Engineers, ASME, Boiler and Pressure Vessel Code - Sección IX, Welding and Brazing Qualifications;
- American Welding Society, AWS, Standard for Welding Procedure and Performance Qualification - AWS B2.1 Internacionalmente, cada País tiene sus propias normas o códigos individuales. Afortunadamente, hay una tendencia hacia la aceptación o intercambio de especificaciones, en el interés de eliminar recalificaciones no deseadas.

Común a estos códigos es la identificación de variables esenciales que establecen cuándo se requiere un nuevo proceso de calificación. Las variables esenciales difieren para cada procedimiento de soldadura, pero algunos ejemplos comunes pueden ser:

- cambio en el metal de base a ser soldado (número P)
- cambio en el metal de relleno (número F)
- cambio significativo en el espesor a ser soldado
- cambio en el gas inerte utilizado
- cambio en el proceso de soldadura utilizado.

La sección IX de la norma ASME de clasificación de números P, a menudo determina si se necesita una nueva Especificación de Proceso de Soldadura. Un cambio de número P a otro en el mismo metal de base requiere una recalificación. También las juntas entre dos metales distintos de diferentes números P requieren una Especificación de Proceso de Soldadura separada, aún cuando las pruebas de calificación hayan sido hechas para cada uno de los metales base soldados entre sí. Los números P son:

- No se ha asignado a todas las aleaciones un número P.
- Las aleaciones que no tengan un número requieren una calificación individual, aún cuando se haya calificado para aleaciones similares en composición.
- Si una aleación no está listada en la tabla de Números P, se deberá contactar al fabricante para determinar si a esa aleación se le ha asignado recientemente un número P.

### **6.11 Entrenamiento del Soldador**

Para cumplir con las especificaciones para calificación en soldadura, tales como la ASME y ASTM, los soldadores deben pasar por una prueba de calificación. Un programa de entrenamiento previo no sólo es esencial antes de tomar las pruebas de calificación, sino que también aseguran la calidad en la ejecución de la soldadura. Los aceros inoxidable son tan diferentes de los aceros ordinarios en sus características, que se debe dar tiempo a los operarios para entrenamiento y práctica. Una vez que están familiarizados con los aceros inoxidable, muchos de ellos los prefieren. Los entrenamientos deben cubrir no sólo los diferentes metales de base y procesos de soldadura, sino también las formas a ser soldadas, tales como tubos o chapas finas, o soldaduras en posiciones poco usuales.

### **6.12 Preparación para la soldadura**

Los aceros inoxidable deben ser manejados con un poco más de cuidado que los aceros ordinarios, en el corte y montaje. El cuidado que se tome en la preparación para la soldadura será tiempo bien usado, lo que incrementará la calidad de la soldadura y la terminación del producto, lo cual dará un óptimo rendimiento en servicio.

### **6.13 Corte y preparación de las juntas**

Con excepción del corte oxiacetilénico, el acero inoxidable puede ser cortado con los mismos métodos utilizados para el acero al carbono. El corte oxiacetilénico resulta en la formación de óxidos de cromo refractarios, que impiden un corte preciso y parejo.

*El espesor y la forma de las partes a ser cortadas o preparadas para la soldadura, son los que dictan cuáles de los métodos que se muestran en la Tabla II serán los más apropiados.*

## **6.14 Diseño de las juntas**

El diseño de juntas utilizadas para acero inoxidable, es similar a las de los aceros ordinarios. El diseño de junta seleccionada debe producir una soldadura de resistencia apropiada y desempeño en servicio, manteniendo bajos los costos. Las soldaduras a tope deberán ser con penetración completa, para servicio en atmósferas corrosivas. Los filetes de soldadura no necesitan tener penetración completa, siempre que se suelden ambos lados y las puntas para evitar espacios vacíos que puedan juntar líquido y permitir la corrosión por rendijas. La conexión de secciones de tubería mediante filetes de soldadura deja una rendija grande en el interior del diámetro, lo cual favorece una corrosión por rendijas y microbiológica, y debe ser prohibida en toda construcción de cañerías de acero inoxidable, para todo servicio.

El acero inoxidable fundido de la soldadura es bastante menos fluido que el acero al carbono, y la profundidad de la penetración de la soldadura no es tan grande. Para compensar, las juntas de soldadura en acero inoxidable deberán tener un chaflán y un espacio para la pasada de raíz más anchos. El proceso de soldadura también influencia el diseño de junta óptimo. Por ejemplo, la soldadura MIG por spray de arco, da una penetración mucho más profunda que la MIG por cortocircuito.

**Tabla II**  
**Métodos de corte de Acero Inoxidable**

<b>Método</b>	<b>Espesor</b>	<b>Comentario</b>
Guillotina	Láminas, cintas, placas finas	Preparar el borde expuesto al ambiente para eliminar rendijas
Corte por sierra y abrasivo	Amplio rango de espesores	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes la soldadura o tratamiento térmico
Maquinado	Amplio rango de formas	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes de la soldadura o tratamiento térmico
Corte con arco de plasma	Amplio rango de espesores	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal
Corte con polvo metálico	Amplio rango de espesores	Corte menos preciso que con plasma, se deben eliminar todas las escorias
Corte por arco de grafito	Usado para acanalar la parte de atrás de soldaduras y cortar formas irregulares	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal

Varillas para proceso GTAW (acero inoxidable).

Nombre comercial; TIG WELD IL

Clasificación AWS: ER 308L

Características: En láminas delgadas se controla eficientemente la entrada de calor evitando daño metalúrgico y corrosión. Utilizar C.D.

Usos y aplicaciones: Buena liga en soldadura de aceros inoxidables tipo 302, 304 y 308. Para piezas donde existe corrosión activa por sustancias orgánicas, reactivos y fermentos.

Nombre comercial: TIG WELD 309L

Clasificación AWS: ER 309L

Características: Varilla calibrada desnuda y limpia, ideal para la corrosión, activa a bajas temperaturas, resistencia a la precipitación y corrosión. Ínter granular aún en metales disímiles. Utilizar C.D.

Usos y aplicaciones: Para reconstrucción de partes de máquinas sometidas a corrosión y temperaturas, como turbinas, compresoras, molinos, tuberías, tanques de proceso e intercambiadores de calor.

Nombre comercial: TIG WELD IMoL

Clasificación AWS: ER 316L

Características: Resistente a la corrosión activa por su contenido de Molibdeno. Soporta temperaturas de trabajo mayores sin cambio en su estructura cristalina. Utilizar C.D.

Usos y aplicaciones: Para trabajos de soldadura en unión y revestimiento. Fabricación de reactores, intercambiadores de calor, tuberías, digestores y recipientes. Alta y baja presión en aceros inoxidables 316, 318, 319 y grados L.

**A continuación se da un manual de referencia para el tipo de gas. (Manual INFRA)**

PROCESO TIG (GTAW)

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD.

Se recomienda observar las sig. Normas para el manejo y almacenaje de gases inflamables comprimidos, disueltos o licuados con máxima seguridad. Las precauciones adicionales dependen de la categoría del gas en cuestión (combustible, oxidante, o inerte), sus propiedades individuales y los procesos en los que son utilizados.

- Solo personas debidamente preparadas y con experiencia deben manipular los gases.
- Nunca deteriorar o quitar las etiquetas de identificación colocadas en los envases.
- Comprender y conocer las propiedades y riesgos asociados con cada gas que deba manipularse o utilizarse, contenidos en la hoja de datos de seguridad.
- Por tratarse de materiales peligrosos, antes de utilizar los gases, debe existir un plan de emergencia, por si fuera necesario.
- Si el cilindro no esta en uso deberá traer su capuchón puesto.
- Utilizar los equipos de protección individuales adecuados.

En el caso de gases inertes es necesario además utilizar ventilación natural o mecánica.

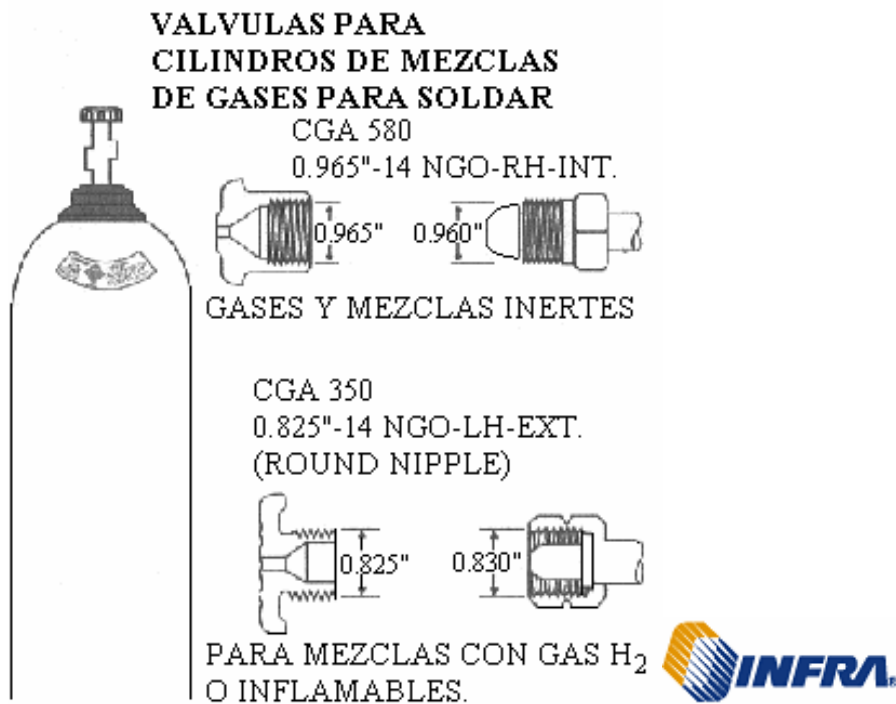
## IDENTIFICACION:

En los cilindros los productos se identifican a través de:

1. Calcomanía. Se utiliza una calcomanía colocada en la ojiva, en la cual se menciona el nombre del producto y precauciones principales para su manejo.
2. Cuello, Ojiva y cuerpo. El cuello esta pintado de color azul Prusia, la ojiva y el cuerpo del cilindro están pintados en blanco.
3. Válvulas- las válvulas usadas para este servicio en INFRA se denominan CGA580 y CGA 350 para gases inertes o gases inflamables respectivamente por el tipo de conexión, la cual en ambos casos, es específica para el uso de mezclas y gases para soldar.

Adicionalmente en la ojiva se encuentra información relativa a la *construcción* del cilindro como es:

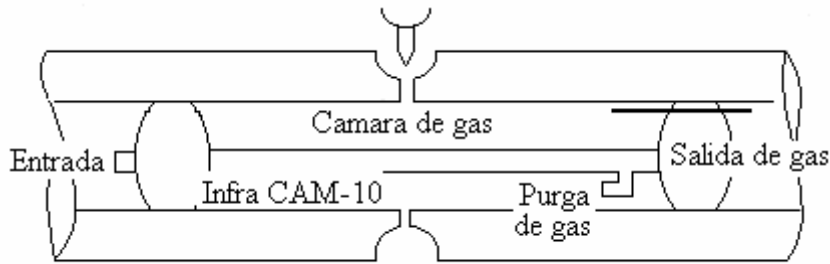
- DOT-3<sup>a</sup>, DOT-3AA o cualquier otra especificación, seguida de la presión de servicio en kg/cm<sup>2</sup> o lb/plg<sup>2</sup>.
- Numero de serie del cilindro.
- Símbolo del fabricante y del dueño del cilindro.
- Mes y año de pruebas hidrostáticas subsecuentes.
- Identificación del primer inspector del cilindro al salir de fabricación.



PROCESO TIG (GTAW).

TABLA SELECTORA DE MEZCLAS PARA SOLDAR.

Mezcla y gases que la componen	Utilización	Ventajas
Welter X-1 Ar/H <sup>2</sup>	Para soldadora de aluminio, acero inoxidable de cualquier tipo incluyendo austeníticos, Cobre y aleaciones, Níquel y aleaciones, aceros Cromo Níquel en cualquier espesor.	Su característica reductora permite la eliminación de óxidos facilitando la fusión y liga de metales como aluminio y aceros inoxidables. Acabado brillante, excelente para soldadura de Cobre y aleaciones
Cougar 77-TM Ar/He	Aluminio en placas gruesas, inoxidables aleaciones de Níquel, aleaciones especiales, proceso manual o automatizado toda posición y espesor.	La alta energía del arco permite la soldadura TIG de placas con gran penetración o avance rápido en placas delgadas. Buena estabilidad del arco conservación de propiedades mecánicas y metalúrgicas.
Cougar 76-TM Ar/He/H <sup>2</sup>	Mezcla universal para cualquier de acero inoxidable en placas finas o medianas hasta 9 mm. Excelente en aceros de alta aleación y aluminio, proceso manual o automático, toda posición	Mezcal de alta transferencia de calor y energía, alta penetración y avance en placas finas, con rendimientos superiores hasta 123 %, buena limpieza y acabado, cordones planos, facilidad de unión y liga
Argon 99.99 ppm	Gas tradicionalmente usado para cualquier tipo de soldadura, buena estabilidad y cobertura. Suelda acero, inoxidables y aluminio.	Arco muy estable, buen acabado del cordón, penetración mediana, buena cobertura en posición plana, avance lento.
Helio 99.997 ppm	Gas de alta energía y transferencia de calor, para soldar con TIG, plasma automatizado, cualquier metal de alta aleación y aluminio.	Gas inerte de alta energía, soldadura de gran penetración y/o avance longitudinal, el gas puro produce un arco inestable no adecuado para soldadura manual, excelente para soldadura automática en placas delgadas.
INFRA CAM N <sup>2</sup> /H <sup>2</sup>	Nueva mezcla para la formación de cámaras de gas para protección y control del cordón de raíz, en placas delgadas y tuberías, útil también como atmósfera reductora en hornos metalúrgicos de tratamientos térmicos.	Mezcla diseñada para camareo de tuberías, excelente capacidad de reducción de óxidos y limpieza. Permite la liga y cierre del cordón de raíz, evita roturas en la ZAC, útil en hornos y tratamientos térmicos.



FORMACION DE UNA CAMARA DE GAS




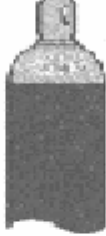





TABLA SELECTORA DE MEZCLAS PARA SOLDAR CON PROCESO TIG(GTAW)  
PARA:

- Aceros inoxidables.
- Aluminio.
- Aceros aleados especiales.
- Aleaciones de Niquel.
- Cobre y aleaciones de Cobre.



IDENTIFICACION DE COLORES EN CILINDROS.

 <p>Welder X-1 cuerpo: Blanco. ojiva: Blanco Cuello: azul prusia</p>	 <p>Argon (Ar) ind cuerpo: naranja ojiva: azul claro (Ar)</p>
 <p>Cougar 77-TM cuerpo: Blanco ojiva: Blanco Cuello: azul prusia</p>	 <p>Argon (Ar) A. P. cuerpo: azul prusia ojiva: azul claro (Ar)</p>
 <p>Cougar 76-TM cuerpo: Blanco ojiva: Blanco Cuello: azul prusia</p>	 <p>Helio (He) cuerpo: azul prusia ojiva: cafe obscuro (He)</p>
 <p>Infra CAM cuerpo: Blanco ojiva: Blanco Cuello: azul prusia</p>	

CARACTERISTICAS Y ACABADO		W E L D E R X-1	C O U G A R 77-TM	C O U G A R 76-TM	A R G O N IND.	A R G O N A.P.	H E L I O
Estabilidad de arco	Buena	X			X	X	
	Regular		X	X			
	Poca						X
Penetración	Alta		X	X			X
	Media	X			X	X	
	Baja						
Velocidad de avance	Alta						
	Media		X	X			X
	Baja				X	X	
Acabado o textura final del cordón	Bueno	X	X	X	X	X	
	Regular						X
	Malo						
Propiedades mecánicas	Mejores	X		X			
	Iguals		X		X	X	X
	Bajas						
Costo	Alto			X			X
	Medio	X	X				
	Bajo				X	X	

#### SUMINISTRO

Cilindr o	Especificaciones	Capacida d (litros)	Capacida d (m <sup>3</sup> )	Diámetr o exterior	Longitu d	Pes o	Presió n de llenado
B	DOT 3AA 2015	43.9	6 m <sup>3</sup>	230 mm	1300 mm	54 kg.	140 kg/cm <sup>2</sup> a 21 C <sup>0</sup>

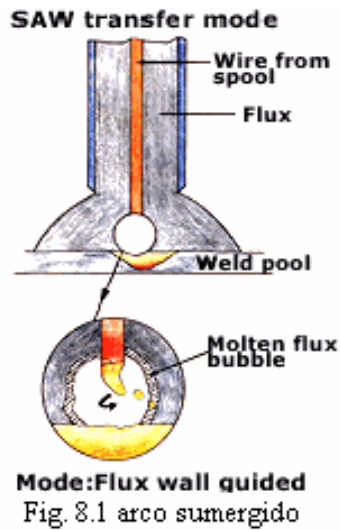
Nota importante:

La calcomanía adherida al cuerpo del cilindro identifica al tipo de mezcla por su nombre genérico y proporciona la información de seguridad para el manejo correcto del gas contenido.





## VII. SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO "SAW" Fig. 8.1



En el proceso de Arco Sumergido "SAW", el arco es iniciado entre el material base a ser soldado y la punta de un electrodo consumible, los cuales son cubiertos por una capa de un fundente granulado. El arco es, por consiguiente, escondido en esta capa densa de fundente granulado el cual parte se funde para formar una cubierta protectora sobre el cordón de soldadura fundido, en donde sus remanentes pueden ser recuperados para ser usado nuevamente.

El proceso de arco sumergido es, principalmente llevado a cabo con equipo totalmente automático, aunque hay algunas pistolas de mano para el proceso. Para incrementar la productividad un arreglo con varios electrodos o multi-alambre puede ser implementado. Por su alto poder de deposición de metal de aporte, es particularmente

conveniente para las soldaduras rectas de gran longitud con excelente calidad en posición de piso, siendo muy usado en la fabricación de grandes tanques, plantas químicas, pesadas estructuras y en la industria de la fabricación y reparación de barcos.

Cuando la soldadura comienza, un arco es creado entre el electrodo y la pieza de trabajo, en ese momento el fundente que es o derramado sobre la soldadura, o puede ser previamente servido, se derrite produciendo una costra protectora, el material fundente restante es recuperado, y reciclado para ser usado nuevamente en un proceso futuro o en el mismo proceso, dependiendo del tipo de fundente que se este usando o de los materiales envueltos en el proceso.

La soldadura es formada de manera uniforme, con una alta deposición en donde se usan alambres de hasta 3/16 de diámetro y altas corrientes que son suministradas por una fuente de poder de voltaje constante de alta capacidad que puede ser AC o DC, según el proceso, y que una vez arreglado y establecido puede ejecutar soldaduras de alta calidad con altísima producción.

Este proceso es bastante versátil; se usa en general para unir metales féreos y aleaciones, y para recubrir materiales contra la corrosión (overlay). Además, permite la soldadura de piezas con poca separación entre ellas. El arco actúa bajo el flux, evitando salpicaduras y contaminación del cordón, y alimentándose, si es necesario, del propio flux, que además evita que el arco se desestabilice por corrientes de aire. La soldadura SAW puede aplicarse a gran velocidad en posiciones de sobremesa, para casi cualquier tipo de material y es altamente automatizable. El cordón obtenido en estos soldeos es sano y de buen aspecto visual. Una característica mejora del proceso SAW es la soldadura en tandem, (mediante la cual se aplican dos electrodos a un mismo baño). Así se aumenta la calidad de la soldadura, ya que uno de los electrodos se encarga de la penetración y el volumen del cordón, mientras que el segundo maneja los parámetros de geometría y tamaño.

## REQUISITOS BÁSICOS PARA SOLDADURAS SANAS CON ARCO SUMERGIDO.

I.- El requisito general que siempre hay que aplicar en cualquier proceso de soldadura es la limpieza.

Es sabido que las materias orgánicas contaminadoras, las escamas y la oxidación y/o la humedad pueden significar porosidades en el metal depositado. Por esta razón, hay que procurar cumplir los siguientes requisitos:

1.- Usar Alambre limpio, libre de óxido.

2.- Usar una rejilla para impedir que las partículas grandes de escoria, u otros elementos extraños, ingresen y se mezclen con el fundente nuevo.

3.- Siempre debe removerse la oxidación o las escamas excesivas de la unión. Si es necesario precalentar la unión para eliminar la humedad, grasa y/o aceite presente en la misma

II.- La soldadura por arco sumergido es un proceso que provoca una penetración profunda. Para evitar la perforación de las planchas que se están uniendo debe existir un Buen Diseño de la Unión. Práctica común es emplear un respaldo y/o disminuir la separación de la unión.

III.- función importante, cumple la cobertura del Fundente. Una cobertura menor del fundente resulta en destellos, que incomodan al operador y pueden causar porosidades. Caso contrario, un empleo de fundente demasiado profundo produce un cordón angosto y demasiado alto.

IV.- Selección del Fundente y Alambre, los alambres de fundente INDURA pueden emplearse para una amplia variedad de aplicaciones. Cada uno tiene sin embargo, ciertas características que influyen sobre la calidad de la soldadura, o eliminan problemas específicos.

V.- La Conexión a Tierra también influye en el desempeño de la unión de soldadura. Una ubicación inapropiada de la conexión a tierra puede causar o aumentar el soplo del arco, y causar porosidades y una mala apariencia del cordón. Desafortunadamente, no siempre resulta posible determinar a prior el efecto que tendrá la ubicación de la conexión a tierra, lo que hace necesario en algunas ocasiones realizar ensayos de prueba.

### **7.1 Ventajas.**

Entre las ventajas de este método, se incluyen:

- \* Alta productividad
- \* Bajo costo en la etapa de preparación.
- \* El hecho de que se puede ejecutar en un solo pase, hasta en materiales de gran diámetro.
- \* Muy poca tensión transversal.
- \* Muy bajo riesgo de grietas por Hidrogeno.

El lado malo del proceso es que los equipos son muy costosos, así como la instalación que se puede convertir en algo compleja, en donde grandes estructuras metálicas son fabricadas para poder instalar las cabezas de soldadura que tendrán que moverse transversal, horizontal, vertical, orbital, y a veces hasta diagonalmente. Aunque también hay casos en que el proceso solo se puede ejecutar si el movimiento de traslación esta en la pieza a ser soldada.

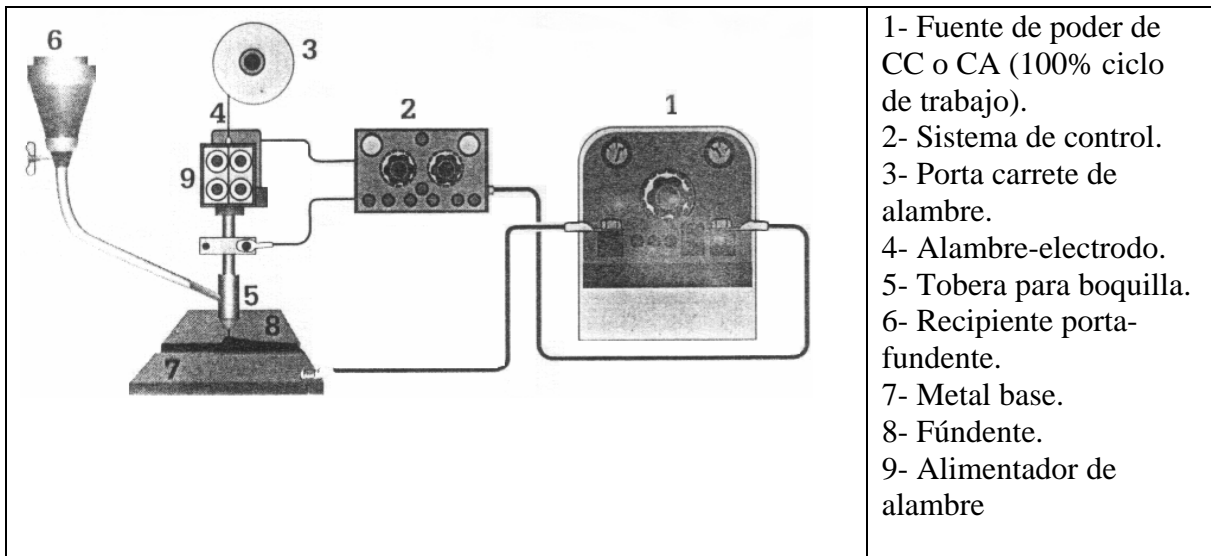
Parámetros Recomendados para Alambres de soldadura de Arco Sumergido "SAW"

Diámetro de Alambre Pulgadas (mm.)	Rango de Corriente en Amperios	Rango de Tensión en Voltios
1/16" (1.6)	150-500	22-30
5/64" (2.0)	175-600	24-32
3/32" (2.4)	250-700	26-34
5/32" (4.0)	400-1000	28-38

Datos de Deposición para Alambres de soldadura de Arco Sumergido "SAW"

Diámetro de Alambre (Electrodo) Pulgadas (mm.)	Amperaje	Rango de Deposición		Eficiencia
		Lb./HR	(Kg./HR)	
1/16" (1.6)	400	13.0	(5,90)	99%
	500	17.0	(7,71)	99%
5/64" (2.0)	300	10.8	(4,90)	99%
	400	14.5	(6,58)	99%
	500	18.2	(8,26)	99%
3/32" (2.4)	400	13.2	(5,99)	99%
	500	17.0	(7,71)	99%
	600	22.0	(9,98)	99%
1/8" (3.2)	400	11.0	(4,99)	99%
	500	14.5	(6,58)	99%
	600	18.0	(8,16)	99%
	700	21.2	(9,62)	99%
5/32" (4.0)	500	12.5	(5,67)	99%
	600	16.0	(7,26)	99%
	700	19.5	(8,85)	99%
	800	23.0	(10,43)	99%
	900	26.0	(11,79)	99%
3/16" (4.8)	600	13.9	(6,31)	99%
	700	17.5	(7,94)	99%
	800	21.0	(9,53)	99%
	900	25.0	(11,34)	99%
	1000	29.2	(13,25)	99%
	1100	34.0	(15,42)	99%

El siguiente es el diagrama de los componentes de un equipo de soldadura de arco sumergido.



## 7.2 El fundente.

El electrodo de soldadura SAW es consumible, con lo que no es necesaria aportación externa de fundente. Se comercializa en forma de hilo, macizo o hueco con el flux dentro (de forma que no se requiere un conducto de aporte sino sólo uno de recogida), de alrededor de 0,5 mm de espesor.

El flux, o mejor dicho, los fluxes, son mezclas de compuestos minerales varios ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ , etc.) con determinadas características de escorificación, viscosidad, etc. Obviamente, cada fabricante mantiene la composición y el proceso de obtención del flux en secreto, pero, en general, se clasifican en fundidos (se obtienen por fusión de los elementos), aglomerados (se cohesionan con aglomerantes; cerámicos, silicato potásico, etc.) y mezclados mecánicamente (simples mezclas de otros fluxes). Ya que el flux puede actuar como elemento fundente, la adición en él de polvo metálico optimiza bastante el proceso, mejora la tenacidad de la unión y evita un indeseable aumento del tamaño de grano en el metal base.

Entre las principales funciones del fundente para la soldadura de arco sumergido podríamos enumerar las siguientes:

- \* Protege la soldadura fundida de la interacción con la atmósfera.
- \* Limpia y desoxida la soldadura fundida.
- \* Ayuda a controlar las propiedades químicas y mecánicas del metal de aporte en la soldadura.

Existen dos métodos importantes para elaborar los fundentes, Granulados y fundidos.

### *Fundentes Granulados Aglomerados.*

Se fabrican mezclando en seco los ingredientes del fundente y luego aglomerándolos en una mezcla con silicato líquido, entonces los gránulos del fundente son horneados a una temperatura relativamente baja para eliminar el agua del silicato líquido. Este tipo de fundente puede contener partículas metálicas desoxidantes las cuales pueden favorecer a la buena operación sobre óxido y escamas metálicas.

Una desventaja notable de este tipo de fundente es su alta capacidad higroscópica, mientras están almacenados son capaces de absorber altas cantidades de humedad si no están apropiadamente aislados y acondicionados. Un procedimiento eficaz para eliminar la humedad, si se sospechara de su existencia, es el de hornear los paquetes de fundente sin abrir en hornos para electrodos a una temperatura de entre 260 Grados Centígrados (500 °F) y 427 Grados Centígrados (800 °F) durante un tiempo no mayor de 6 horas, lo que debería remover toda la humedad existente, muchos operadores prefieren hacer este procedimiento con todos los paquetes de fundente, incluyendo los nuevos, como una forma de asegurar el resultado de sus soldaduras y garantizando así que estén libres de contaminación.

### *Fundentes Fundidos.*

Como su nombre lo indica, son fabricados mezclando los ingredientes para luego fundirlos en un horno eléctrico de alta temperatura hasta formar un líquido homogéneo. Este fundente líquido al enfriarse vuelve a su estado sólido para luego ser triturado en un molino hasta lograr la granulometría adecuada al formato requerido. Su ventaja principal es que debido a su alta dureza, producto del proceso de fundición a alta temperatura de 1614 Grados Centígrados (3000 °F), es que el grado de hidroscofia es casi nulo, es muy difícil que este material absorba humedad, no obstante alguna humedad podría condensarse en las superficies de los granos, la cual es de fácil manejo pudiéndose eliminar a una muy baja temperatura, 145 Grados Centígrados (300 °F) por una hora, el proceso de fundición también logra que los componentes se mezclen químicamente uniforme, esto proporciona un rendimiento estable de la soldadura, incluso a altos niveles de corriente, también permiten una velocidad de avance más alta durante el proceso de soldadura.

Los fundentes también se clasifican según su efecto en los resultados finales de la operación de soldadura, existen dos categorías en este sentido y son los Activos y los Neutros:

#### *Activos:*

Los fundentes activos son aquellos que causan un cambio sustancial en la composición química final del metal de soldadura cuando el voltaje de soldadura (y por consiguiente la cantidad de Fundente) es cambiado. Los fundentes fundidos generalmente aportan grandes cantidades de Magnesio y Silicio al material de aporte, incrementando la resistencia, pero cuando se usa fundente activo para hacer soldaduras de multi-pases, puede ocurrir una excesiva acumulación de estos componentes resultando en una soldadura muy vulnerable a las grietas y las fracturas, los fundentes activos deben ser usados limitadamente en las soldaduras con pasos múltiples, especialmente sobre óxido y escamas metálicas.

Un cuidado especial en la regulación del voltaje es recomendado cuando se usa este tipo de fundentes en el procedimiento de soldadura con pasos múltiples para evitar la saturación de Magnesio y Silicio, en líneas generales, no es recomendado el uso de fundentes activos en soldaduras de pasos múltiples en laminas de un diámetro superior a los 25 mm. (1")

*Neutros:*

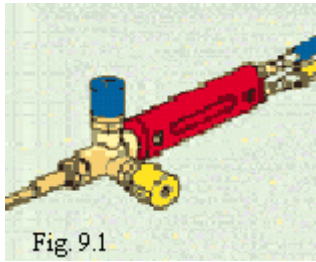
Como su clasificación misma lo dice este tipo de fundentes no causan cambios significativos en la composición química del metal de aporte, ni siquiera con variaciones de voltaje. Los fundentes neutros no afectan la fuerza de la soldadura indiferentemente al voltaje o numero de pases de soldadura que se apliquen. Como regla general, los fundentes neutros deben ser parte de las especificaciones de las soldaduras con pases múltiples.



(Fig. 8.1.2)

Cuando la soldadura comienza (Fig. 8.1.2), un arco es creado entre el electrodo y la pieza de trabajo, en ese momento el fundente que es o derramado sobre la soldadura, o puede ser previamente servido, se derrite produciendo una costra protectora, el material fundente restante es recuperado, y reciclado para ser usado nuevamente en un proceso futuro o en el mismo proceso, dependiendo del tipo de fundente que se este usando o de los materiales envueltos en el proceso.

## VIII. PROCESO DE SOLDADURA Y CORTE CON GAS.



En el proceso de soldadura y corte con Gas (Oxy-Fuel), el principio es simple, una intensa flama es producida por la combustión controlada de una mezcla de Oxígeno y un gas combustible (Fig.9.1). Los gases son obtenidos de fuentes o tanques separados y pasados a través de reguladores y luego pasados a través de una antorcha en donde se mezclan, para salir por la cabeza de soldadura o boquilla donde ocurre la ignición.

La intensidad de la flama depende del flujo de los gases, la proporción de la mezcla y las propiedades del gas combustible seleccionado así como del tipo de cabeza de soldadura o boquilla. El flujo de los gases y la proporción de la mezcla son controlados por los reguladores de presión y las válvulas ubicadas en la antorcha.

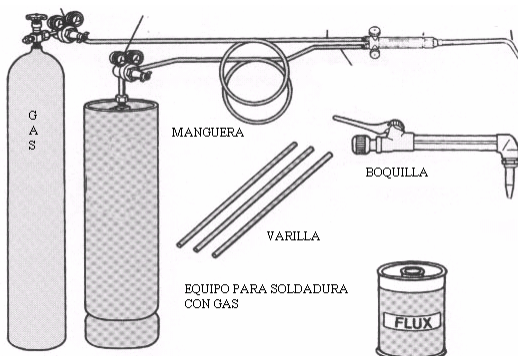
Las soldaduras son formadas por el cordón de metal fundido del metal base y el material de aporte (cuando se usa) que se forma con el contacto de la flama. El uso de fundentes remueve el oxido y las costras de el área de soldadura y ayuda a asegurar una soldadura de calidad.

En operaciones de corte, la flama es concentrada para precalentar y mantener el metal en su temperatura de ignición, mientras que un chorro de oxígeno es dirigido al área precalentada. Este chorro de oxígeno rápidamente oxidiza el metal en un camino angosto y la escoria es expulsada para formar una ranura.

El proceso de corte con flama es el mas antiguo y precedero de todos los procedimientos de corte metálico, además el mas difundido por todo el mundo, no existe un método mas usado a nivel mundial, no importa el código ni las especificaciones, en la estructuración metálica el gas estará siempre presente como numero uno en el proceso de corte.

El equipo básico necesario para efectuar las operaciones de soldadura y corte incluyen una antorcha con cabezas de soldadura (boquillas de soldadura), una extensión o accesorio para cortar, mangueras y reguladores para ambos gases, oxígeno y acetileno u otro gas combustible.

### 8.1 IMPORTANTE.

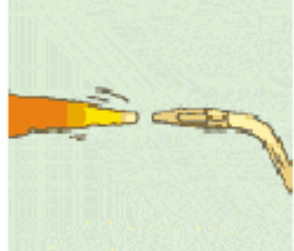

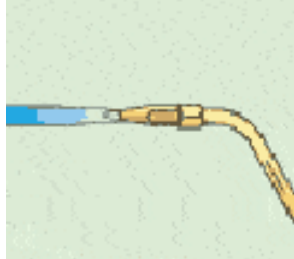
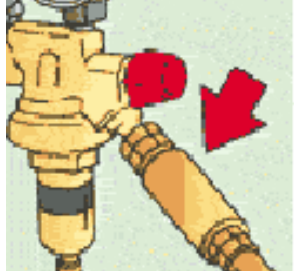


Es importante que aunque los procedimientos de soldadura y corte no son particularmente peligrosos, se deben seguir al menos algunos procedimientos de sentido común para la protección personal y la operación más eficiente.

**Manómetros:** los manómetros, previstos con dos botellas, juegan un papel muy importante: permiten reducir la presión alta dentro de las botellas hasta un valor que permite la producción

de una llama utilizable: 1 bar para el oxígeno, 0,4 bar para el acetileno.

**Mezcla gaseosa:** la mezcla gaseosa se efectúa con la boquilla del soplete con botellas de gas. Se pone en contacto el oxígeno y el acetileno, el primero a gran velocidad, el segundo a baja presión. Este produce, al nivel de la abertura de la boquilla, una depresión que provoca la aspiración de acetileno y permite la mezcla.

	<p><b>Encendido:</b> abra las dos válvulas. Utilice preferentemente, un encendedor especial para encender la mezcla gaseosa. Por lo general, la llama tendrá un aspecto blanco amarillento, lo que indica que la mezcla es muy rica en acetileno. Aparecerá, además, separada del tubo.</p>
	<p><b>Caudal de acetileno:</b> disminuya ahora, progresivamente, el caudal de acetileno hasta que la llama "vuelva a pegarse" al tubo. La mejor manera de asegurar un reglaje óptimo para la soldadura es comenzar con un exceso de acetileno para ir disminuyendo poco a poco su caudal.</p>
	<p><b>Reciclaje del caudal de oxígeno:</b> aumente el caudal de oxígeno, progresivamente, hasta que se forme un buen penacho blanco. Este reglaje debe realizarse con precisión. Un exceso de oxígeno perjudicaría la calidad de la soldadura. Si es necesario, disminuya el caudal de oxígeno y después vuelva a regular la llama.</p>
	<p><b>Retroceso de la llama:</b> un retroceso de la llama podría acarrear graves consecuencias. Si esto ocurriera, podría producirse una explosión en la boquilla, a nivel del reductor de presión o capuchón mismo la botella. Por tanto, es indispensable un dispositivo de seguridad.</p>
<p><b>Apagado del soplete con botellas de gas:</b> en primer lugar, se cierra, a nivel de la boquilla, el grifo de acetileno, después el de acetileno, después el de oxígeno y, por último, la válvula de acetileno de la botella, antes de volver a abrir de nuevo el extremo de la boquilla: esto es indispensable para que el gas restante escape del reductor de presión, de la boquilla y del quemador. A continuación, cierre el tornillo del caudal de la botella de acetileno, después la válvula y, finalmente, la válvula de la botella de oxígeno. Proceda según se ha descrito anteriormente: abra y después cierre el grifo de oxígeno a nivel de la boquilla, para dejar escapar todo el gas restante.</p>	



## **8.2 Soldando.**

Para comenzar a hablar de la soldadura con flama, debemos aclarar algo, la definición de los tres diferentes procedimientos básicos que se pueden ejecutar cuando se utiliza la flama para unir dos metales, que aunque en ingles y en casi todos los idiomas tienen nombres diferentes y la aplicación de cada uno de estos procedimientos es muy específica, es llamada en casi todos los países Latino-Americanos de la misma forma, "Soldadura". Esto curiosamente, no ha permitido que los procedimientos se difundan y se reconozcan como aplicaciones de procedimientos específicos, por tal motivo los llamaremos por sus nombres en ingles Welding, Brazing y Soldering y estudiaremos un poco sus definiciones para ver las diferencias, aunque después nos concentraremos más en los dos últimos ya que son los procedimientos que dan verdadera importancia y utilidad a el uso del soplete de flama para unir metales.

### **8.2.1 Welding.**

Welding (soldadura) es el procedimiento de juntar dos metales donde el material base es elevado a una alta temperatura superando su punto de fusión, y en donde, aprovechando su estado líquido se mezclan para formar una unión de la fusión de todas las partes envueltas incluyendo el material de aporte si existiera.

### **8.2.2 Brazing.**

Brazing (soldadura) es el procedimiento de juntar dos metales usando un material de aporte con una temperatura de trabajo por encima de los 427 Grados Centígrados (800 °F) pero siempre por debajo del punto de fusión del metal base.

#### Principios del Brazing

Brazing es el proceso en el que dos metales se unen con el uso de calor y un material de aporte que se funde a una temperatura por encima de los 427 grados Centígrados (800 °F) pero por debajo del punto de fusión de los metales bases a ser soldados.

Brazing es probablemente el método más versátil para unir metales hoy en día, por un sin número de razones. Las uniones con Brazing son fuertes, en metales no ferríticos y aceros, la fuerza tensil de una soldadura, apropiadamente hecha, muchas veces supera la de los metales bases, de hecho, en acero inoxidable, es posible desarrollar una soldadura con una fuerza tensil de 130.000 psi. Las soldaduras con Brazing son dúctiles, considerablemente fáciles y rápidas de hacer y cuando son hechas apropiadamente, prácticamente no hay necesidad de usar esmeril, rellenar o usar cualquier acabado mecánico después que la soldadura es completada.

Brazing es ejecutado relativamente a bajas temperaturas, reduciendo la posibilidad de deformaciones, sobrecalentamientos, o diluir de los metales a ser soldados, además es económico y altamente adaptable a métodos de automatización.

Brazing suelda los metales creando una unión metalúrgica entre el metal de aporte y la superficie de los dos metales a ser soldados, el principio por el cual el material de aporte es conducido por las hendiduras y cavidades de la junta para crear esta unión es conocido como “Acción Capilar”.

Tomando en cuenta que los metales bases nunca se funden, ellos retienen básicamente intactas todas sus propiedades mecánicas y físicas. Una ventaja importante del Brazing es la facilidad con la que se pueden unir metales no similares, si los metales bases no se derriten en realidad no importa si ellos tienen diferentes puntos de fusión. Otra ventaja de las soldaduras con Brazing es su excelente apariencia, esta característica es especialmente importante en productos de consumo donde la apariencia es crítica como en la industria relacionada con los alimentos o bebidas donde los suaves acabados del Brazing no se convierten en una trampa para los materiales sólidos o líquidos.

Hay muchas clases de juntas con Brazing pero hay dos en particular que constituyen los procedimientos básicos en Brazing, la junta de tope y la de plano. La junta de Tope da la ventaja de un espesor uniforme en la unión, la preparación de este tipo de juntas usualmente es muy simple, sin embargo la fuerza de la soldadura de Tope es limitada y dependerá, en parte, en la sección del área a soldar. La soldadura de plano da el doble de espesor en la soldadura.

En casi todas las juntas hechas con Brazing el requerimiento principal es simplemente la fuerza, pero frecuentemente hay otras condiciones que se podrían considerar cuando se prepara una junta, por lo tanto se podría trabajar en un ensamble hecho con Brazing que tuviera buena conductividad eléctrica así como buena capacidad de presión, la otra consideración importante es ventilar el ensamblaje para que durante el proceso de Brazing el aire o los gases en expansión puedan escapar de el material fundido que fluye por la junta, ventilando el ensamble también se previene que el fundente quede atrapado en la junta.

### **8.2.3 Soldering.**

Soldering (soldadura) es el procedimiento de juntar dos metales usando un material de aporte a una temperatura de trabajo por debajo de los 427 Grados Centígrados (800 °F) pero siempre por debajo del punto de fusión del metal base.

#### Principios del Soldering

Soldering no es solo unir un par de piezas de metal usando un rollo de algún material y una antorcha o un caudín. Soldering es más que eso, Soldering envuelve metalúrgica, física y química en la interacción de elementos, la constitución de fundentes, la química térmica envuelta en el calor aplicado sobre los fundentes y los metales al estado de soldadura líquida, además de la termodinámica fundamental y la dinámica de los fluidos promoviendo la formación de la soldadura.

Traduciendo lo que los Ingenieros están tratando de decirnos es que Soldering envuelve calentar una junta a una temperatura apropiada, usando un material de aporte el cual funde por debajo de los 427 Grados Centígrados (800 °F).

La soldadura fundida (liquida) es distribuida entre las angostas cavidades de la junta por la acción de la capilaridad, una temperatura apropiada es requerida para fundir la soldadura y ayudar al fundente a actuar en la superficie metálica para que la soldadura fundida pueda fluir por toda la junta.

Un procedimiento exitoso en Soldering envuelve la buena preparación de la forma para que las juntas estén lo mas cerca posible, limpiar apropiadamente las zonas de contacto, la aplicación correcta de el fundente, el ensamble de las partes y la aplicación de calor y el material de la soldadura y luego, cuando la juntas estén a una temperatura ambiente, la remoción del fundente.

Un grado de destreza es requerido para ejecutar adecuadamente esta operación, particularmente en componentes críticos o complicados. En los procedimientos de Soldering la rapidez de las soldaduras no repetitivas en operaciones manuales es relativamente lenta, aunque un soldador puede convertirse en adepto a las soldaduras de operaciones repetitivas.

El Soldering es preferido por muchos como la mejor alternativa sobre los demás métodos como adhesivos, pegamentos, soldadura, Brazing, o uniones mecánicas porque ofrece las siguientes ventajas:

- Muy poca energía es requerida.
- Control preciso de la cantidad de material de aporte a usar es posible.
- Una gran variedad de métodos de calentamiento pueden ser usados
- Es posible seleccionar varios rangos de fundición para ajustarse a la aplicación.
- Se puede automatizar de manera fácil y económica.
- Es posible el ensamblaje secuencial.
- Las juntas son altamente confiables.
- Las juntas son de fácil reparación o re-ejecutables.
- Las aleaciones de los materiales de aporte pueden ser seleccionadas según la atmósfera circundante.

La mayoría de las operaciones de Soldering pueden ser ejecutadas al aire libre, con el fundente actuando como barrera contra la oxidación de la superficie e interacción con la atmósfera. Superficies a ser soldadas pueden acceder a ser bañadas con el metal liquido sin ninguna formación ínter metálica, donde la adherencia metalúrgica de las superficies limpias es esencialmente mecánica, de todas formas la reacción metalúrgica entre el fundente, el metal liquido, y la superficie del metal base es generalmente deseada. Un cuidado especial debe ser empleado cuando se busca el material correcto para ejecutar cada procedimiento ya que cada aleación es única en referencia a su composición y sus propiedades.

Los materiales para soldar en el sistema de estaño/plomo son los mas ampliamente usados de todos, cuando se refiere a los materiales de estaño (Sn) /plomo (Pb), el contenido de estaño es casi siempre dado primero, Ej.: 40% Sn / 60% Pb o simplemente Soldadura 40/60. Las aleaciones de estos materiales van desde 2% estaño/ 98% plomo con un liquidus (punto de fusión) de 312 Grados Centígrados hasta 63% estaño/ 37% plomo con un liquidus (punto de fusión) de 182 Grados Centígrados.

Otras aleaciones comúnmente usadas son:

Estaño/Plata = Sn/Ag	Cadmio/Plata = Cd/Ag
Estaño/Antimonio = Sn/Sb	Cadmio/Zinc = Cd/Zn
Estaño/Zinc = Sn/Zn	Zinc/Aluminio = Zn/Al
Plomo/Plata = Pb/Ag	Indium base de las soldaduras fusibles
Plomo/Plata/Estaño = Pb/Ag/Sn	

Los materiales de soldar con Soldering han sido usados también con mucho éxito en la industria de la joyería así como las soldaduras de altísima resistencia desarrolladas por la AMS (industria aeroespacial).

Para poner la soldabilidad en perspectiva, el diseñador de la soldadura casi siempre encuentra que los metales bases han sido seleccionados por algunas otras de sus propiedades aparte de su soldabilidad, como son conductividad eléctrica o térmica, coeficiente de expansión lineal, fuerza en proporción a su peso, o resistencia a la corrosión. Una vez que el metal base es escogido, el diseñador de la soldadura deberá comprender su capacidad soldable inherente, si es necesario, como mejorar esas capacidades en la implementación de otros materiales en capas ínter metálicas o preparando la superficie y como preservar esas capacidades hasta que el procedimiento de ensamblaje sea completado.

### 8.3 Preparando las áreas a juntar.

La buena ejecución de cualquiera de estos procedimientos depende en casi su totalidad de la preparación de las áreas que van a ser soldadas, comenzando con la limpieza, tomando en cuenta que el proceso a ocurrir será básicamente una reacción químico-físico, cualquier agente contaminante que este presente al momento de la unión se convertirá en parte de la soldadura mezclándose químicamente y afectando el estado final de la composición, convirtiéndose en el 90% de los casos en contaminación. Un exceso de oxígeno conduce a un quemado del acero o del material que se este soldando de manera que el cordón de soldadura resulta poco denso y muy quebradizo. Por el contrario una falta de oxígeno torna inservible el cordón de soldadura, puesto que el acero líquido absorbe el carbono de la llama y el exceso de carbono torna frágil el cordón. El soldador puede cambiar el ángulo del soplete respecto a la superficie que soldó, esto unido a una manipulación pertinente del metal de aporte, permite soldar adecuadamente las dos chapas, sin que se produzca, apenas un pegado superficial, que solo produciría un cordón de soldadura aparente, pero no una real unión entre las chapas.

El soldeo requiere de mucha práctica y buen pulso. Un buen soldador puede hacer también uniones tanto verticales como “sobre cabeza”. Puesto que al soldar sobre cabeza podría gotear el metal derretido sobre el operador, el soldador debe aplicar una triquiñuela: sujetar el metal líquido con el metal de aporte, que lo enfría, de manera similar a como se sujeta con el dedo una gota de agua formada en una ventana empanada.

El sistema de soldeo autógeno con gases, permite soldar casi todos los metales: acero de construcción y metales ligeros, incluso las aleaciones de magnesio dejan soldar muy bien. Solamente el latón constituye una excepción, puesto que el zinc tiende a evaporarse, de manera que el cordón resulta poroso.

La limpieza se divide en dos categorías:

1. *Mecánica:*

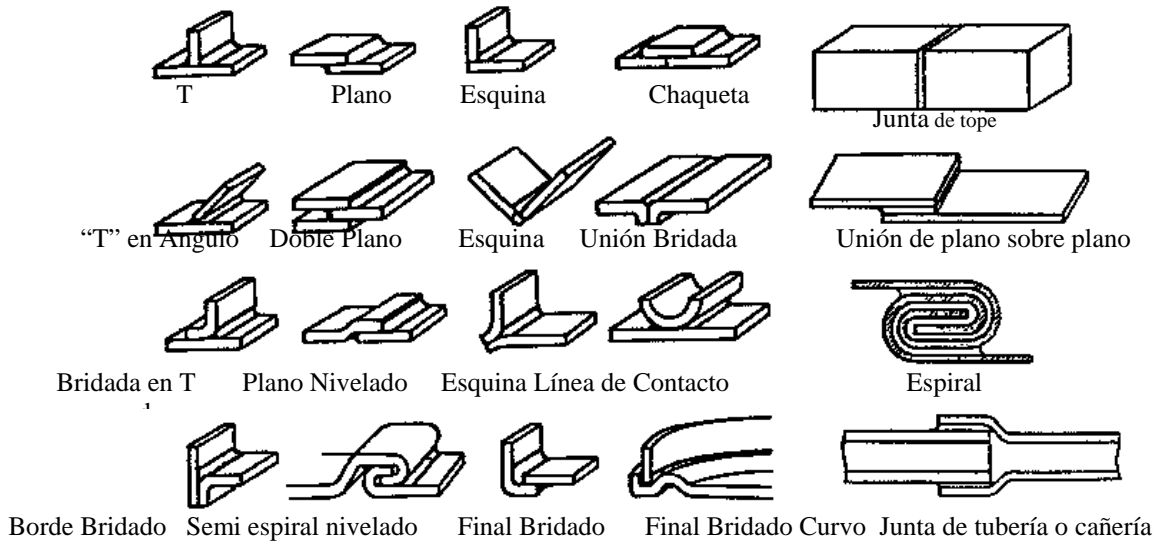
Las áreas deben ser limpiadas con una acción mecánica efectiva como papel de lija, bandas abrasivas o lanas metálicas. Precaución: Existe la posibilidad de que partículas producidas de la lijadura se introduzcan en las tuberías cuando son limpiadas mecánicamente.

2. *Química:*

En muchos de los casos la limpieza mecánica es adecuada y suficiente, pero si fuera necesario limpiar mas profundamente, como en el caso de las tuberías que llevan presiones considerables o sujetas a tensiones mecánicas de algún tipo, como en el caso de la refrigeración, un solvente como el "FREON-113" se debería usar.

**Precaución: Evite por todos los medios usar en refrigeración los solventes con base de cloro.**

Algunos ejemplos de los tipos de juntas más típicos encontrados son:



**COMO CALCULAR LA CANTIDAD DE MATERIAL CONSUMIDO.**

Las tablas siguientes le ayudaran a calcular las cantidades de electrodos o micro alambre consumido para varios tipos de juntas. El consumo se calcula en base a la siguiente formula:

$$\text{Peso de los electrodos requeridos} = \frac{\text{peso del metal depositado}}{\text{Eficiencia de deposición (\%)}}$$

Peso del metal depositado: Cantidad de metal necesario para completar una unión soldada.

Relación para determinar peso depositado

$$P_{md} = \text{Área seccional} \times \text{longitud} \times \text{densidad de aporte}$$

UNION DE SOLDADURA								
Espesor (E) Plg.      mm		METAL DEPOSITADO (kg/m) ACERO						
1/8	3.2	0.045	0.098	0.303		0.358		
1/4	6.4	0.177	0.190	0.638		0.605		
3/8	9.5	0.396		1.188		1.088		
1/2	12.5	0.708		1.731		1.707		
5/8	16	1.103		2.303		2.130	1.089	
3/4	19	1.593		3.907	1.049	3.554	1.449	
1	25	2.839			2.579		2.322	
1 1/4	32				3.760		3.380	
1 1/2	37.5				5.293		4.648	
2	51				8.680		7.736	
2 1/2	63.5				13.674		11.617	
3	76				18.432		16.253	
2. Eficiencia de depósito. Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad de peso de electrodos requeridos.						Proceso	Eficiencia de depósito (%)	
						Electrodo manual MIG sólido MIG tubular c/protección gas MIG tubular s/protección gas TIG arco sumergido	60-65 90 83 79 95 90	

**IX. SOLDADURA POR RESISTENCIA DE ELECTRO PUNTO. Fig.10.1**

La soldadura por resistencia de Electro Punto, es un método que ni siquiera se convierte en proceso, la mecánica del procedimiento es única y muy sencilla, pero por su simplicidad y efectividad tiene un puesto en la industria de la soldadura. Industrias automotrices, de electrodomésticos, ductos, gabinetes de toda clase y otras mas, han encontrado por muchos años en la soldadura de electro punto una forma confiable para la unión en la fabricación metálica, las soldaduras son mecánicamente muy resistentes y muy rápidas y fáciles de ejecutar, siendo el método casi automático.

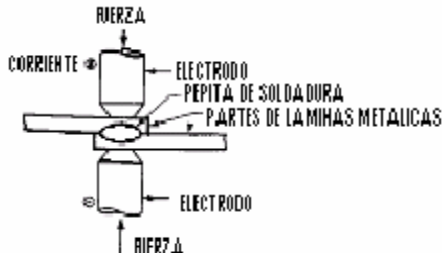


fig.10.1 Proceso electropunto

La soldadura por Electro Punto (Spot Welding) es parte de la familia de soldaduras por resistencia; soldadura de proyección (Projection Welding), soldadura de costura (Seam Welding), soldadura de resistencia de tope (Resistance Butt Welding) y la soldadura de tope de contacto (Flash Butt Welding) son parte de esta familia. Para generar calor los electrodos de cobre pasan una corriente eléctrica a través de la pieza de trabajo, el calor generado dependerá de la resistencia eléctrica y la

conductividad térmica del metal y el tiempo en que la corriente es aplicada, el calor generado se representa con la siguiente ecuación:

$$E = I^2 \cdot R \cdot t$$

Donde E representa la energía en forma de calor, I representa la corriente eléctrica, R representa la resistencia eléctrica del metal y "t" representa el tiempo en que la corriente es aplicada.

Los electrodos son usados de cobre, o combinaciones cobre-tungsteno (que tiene mayor resistencia al desgaste) porque, comparado con la mayoría de los metales, el cobre tiene una resistencia eléctrica más baja y una conductividad térmica más alta, esto asegura que el calor será generado en la pieza de trabajo y no en los electrodos. Cuando estos electrodos se calientan mucho, se pueden formar marcas de calor sobre la superficie del metal. Para prevenir este problema los electrodos son enfriados con agua, el agua fluye por dentro de los electrodos disipando el exceso de calor.

La forma del electrodo más común es redonda. La pepita de soldadura tiene un diámetro de 5 / 10 mm. Los electrodos son hechos de aleaciones basadas en cobre,

	Conductividad Térmica (W/m-K)	Resistividad Eléctrica (Ohms-cm.)	Punto de Fusión (°C)
Acero1020	52	17.4 E6	1500
Aluminio	190	5.0 E6	620
Zinc	112	5.9 E6	420
Cobre	385	1.7 E6	1085

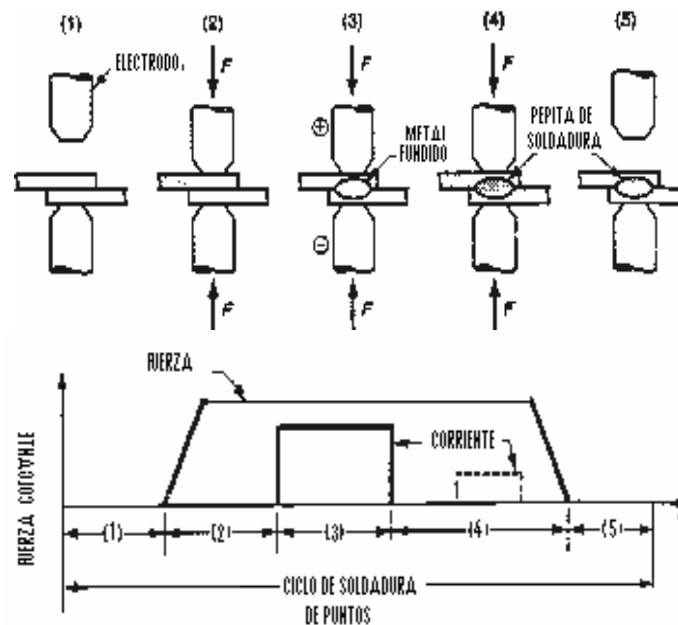
Las soldaduras por resistencia dependen del grado de conductividad eléctrica del metal a ser soldado, mas que de la soldabilidad, en el caso de la soldadura de electro punto, mejorar esa conductividad al máximo es la meta principal al momento de diseñar el equipo, para incrementar la conductividad los electrodos están sujetos por dos brazos que funcionan como prensas y que someten a los electrodos a una gran presión uno en contra del otro, las laminas metálicas que van a ser soldadas se colocan entre los electrodos que presionan fuertemente asegurando el contacto y una corriente de bajo voltaje y alto amperaje, que por la diferencia que existe en el vector entre estas, se mide en KVA (kilo Voltios-Amperios) esto genera una constante entre los dos valores y da un punto de medición para la clasificación de los equipos.



Planta de soldadura por electropunto.

### 9.1 Ciclos.

El ciclo de una operación de soldadura de puntos se da en la siguiente figura.



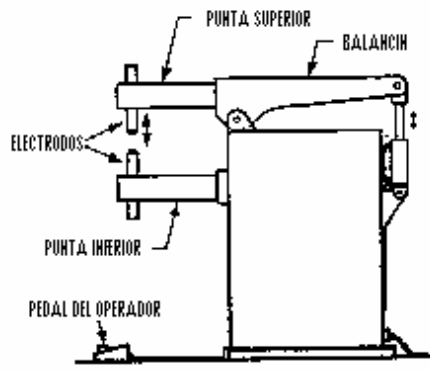
(a)

(b)

(a) Pasos en un ciclo de soldadura de punto, y (b) gráfica de la fuerza de presión y la corriente durante el ciclo. La secuencia es: (1) partes insertadas entre los electrodos abiertos, (2) los electrodos se cierran y se aplica la fuerza, (3) tiempo de soldadura (se activa la corriente), (4) se desactiva la corriente, pero se mantiene o se aumenta la fuerza (en ocasiones se aplica una corriente reducida cerca del final de este paso para liberar la tensión en la región de la soldadura) y (5) se abren los electrodos y se remueve el ensamble soldado.

Debido a su extenso uso industrial, hay disponibles diversas máquinas y métodos para realizar las operaciones de soldadura de puntos. El equipo incluye máquinas de soldadura de puntos con balancín y tipo prensa, así como pistolas portátiles para soldadura Fig. 10.1.2



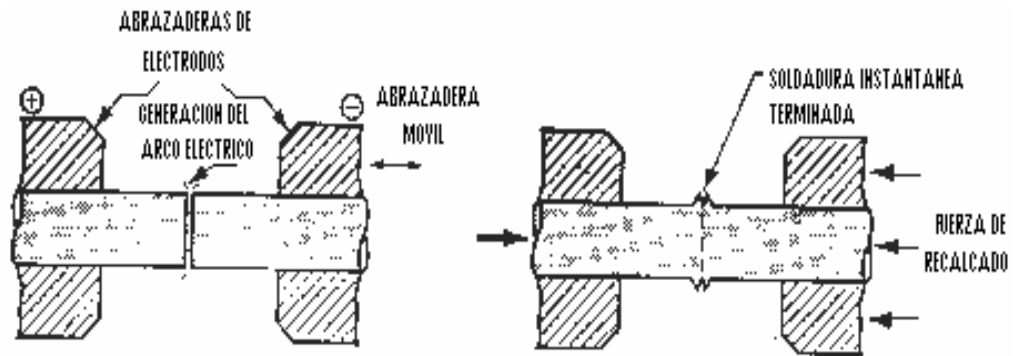


La máquina de soldadura de puntos con balancín tiene un electrodo inferior estacionario y un electrodo superior móvil que sube y baja.

El electrodo superior se monta en un balancín, cuyos movimientos es controlado mediante un pedal operado por el trabajador (puede haber máquinas automatizadas de balancín también).

Fig. 10.1.2

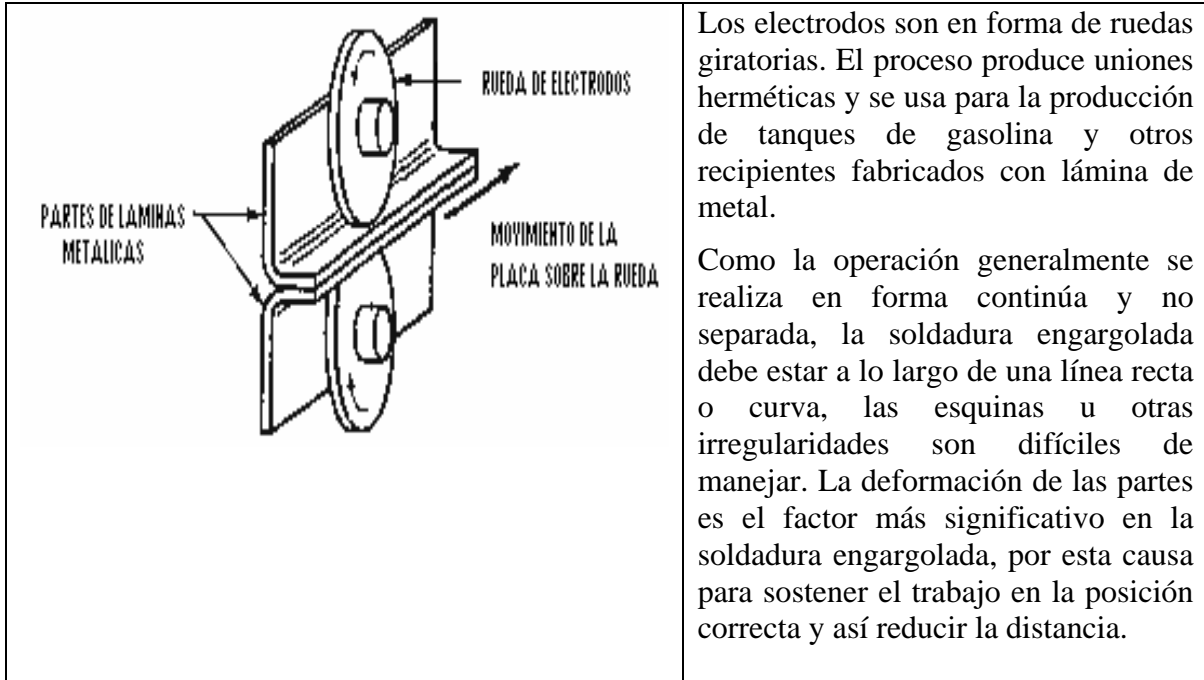
## X. SOLDADURA POR RESISTENCIA INSTANTÁNEA.



Se usa generalmente en uniones empalmadas, se ponen en contacto o se acercan las dos superficies, se aplica una corriente eléctrica para calentar las superficies hasta su punto de fusión, después de lo cual las superficies se oprimen juntas para formar la soldadura.

La corriente se detiene durante el recalado. El material que se desborda en la unión se elimina por maquinado para obtener una superficie uniforme.

## XI. SOLDADURA ENGARGOLADO POR RESISTENCIA.



## XII. PROCESOS ESPECIALES DE SOLDADURA.

Existen en la actualidad una gran variedad de procesos especiales de soldadura que más bien vienen a llenar las necesidades de algún procedimiento específico, pero que nunca llegaron a constituir una alternativa efectiva en la interminable búsqueda de conseguir la mejor forma de unir metales.

Muchos de estos, aun son experimentales, otros son variaciones de algún proceso existente, y otros son la evolución de otros, no obstante, trataremos con los procesos especiales que por su versatilidad y demostrada utilidad han creado alguna relevancia en la industria.

### 12.1.0 Soldadura por Fricción "FSW" (Friction Stir Welding). (Fig. 13.1)

La soldadura por fricción es un proceso de fase total de penetración sólida, el cual puede ser implementado en la unión de laminas de metal (hasta ahora principalmente para aluminio) sin llegar a su punto de fusión.

"FSW" la soldadura por fricción ha sido inventada, patentada y desarrollada para su propósito industrial por TWI (The Welding Institute), en Cambridge, UK. En la soldadura por fricción, un cilindro de sección plana y un pin perfilado, son suavemente aproximados a las áreas a juntar las cuales son enfrentadas de tope. Las partes tienen que ser aseguradas a una mesa de respaldo para evitar que sean separadas por la fuerza a la que son sometidas. El calor friccionante entre el cilindro rotatorio de alta resistencia al desgaste y las piezas a ser soldadas causan que los materiales se suavicen sin llegar al punto de fusión permitiendo al cilindro rotatorio seguir la línea de soldadura a través de las piezas a trabajar. El material pastificado es transferido al riel de borde del cilindro y forjado por el contacto directo del soporte y el pin perfilado. En el proceso de enfriamiento, el proceso deja a su paso un cordón de fase sólida entre las dos piezas.

La soldadura por fricción puede ser usada para unir láminas de aluminio y planchas sin la necesidad de usar material de aporte o ningún tipo de gases y materiales de un espesor de 1.6 hasta 30 Mm. pueden ser soldados con total penetración, sin porosidad o evasiones internas. Soldaduras altamente integrales y de muy baja distorsión pueden ser logradas con éxito en la mayoría de las aleaciones de aluminio, incluyendo aquellas consideradas "difíciles de soldar" con las técnicas regulares. Entre los materiales que han sido soldados exitosamente con Fricción hasta la actualidad se incluye una gran variedad de aleaciones de aluminio (las series 2xxx, 5xxx, 7xxx, 8xxx) y las aleaciones Al-Li son las más recientes, la soldadura por fricción también ha demostrado ser efectiva en la unión de Plomo, Cobre, Magnesio y hasta aleaciones de Titanio. *Ilustración de un proceso que emplea calor generado por fricción para producir una soldadura.*

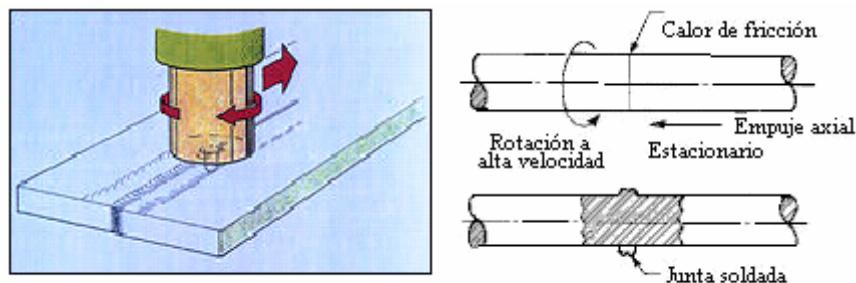


Fig. 13.1 Proceso por fricción

### 12.1.1 Soldadura por Arco de Plasma "PAW" (Plasma Arc Welding) (Fig. 13.1.2)

La soldadura de arco de plasma PAW, es un proceso muy similar al proceso de soldadura TIG "GTAW", de hecho es una evolución de este método, el cual está diseñado para incrementar la productividad.

En la soldadura por arco de plasma PAW, el uso del gas es algo más complejo, dos flujos de gases separados trabajan cada uno cumpliendo un papel diferente.

Las partes que componen el proceso básico tenemos: un gas que fluye envolviendo el electrodo de Tungsteno y por consiguiente formando el núcleo del arco de plasma y el escudo de gas que provee protección a la soldadura fundida.

PAW es usado de tres maneras

1. Soldadura Microplasma, con corrientes de soldadura de entre 0.1 Amperios hasta 20 Amperios.
2. Soldadura de plasma-mediano, con corrientes de soldadura de entre 20 Amperios hasta 100 Amperios.
3. Soldadura de Cerradura, por encima de 100 Amperios, donde el arco de plasma penetra el espesor de la pared. Es muy usado, por dejar juntas de alta calidad, en la industria de la aviación y espacial, procesos, química y las industrias petroleras. El Plasma HyPerformance combina velocidades rápidas de corte, ciclo rápido del proceso, intercambios rápidos y alta confiabilidad para hacer máxima a la productividad.

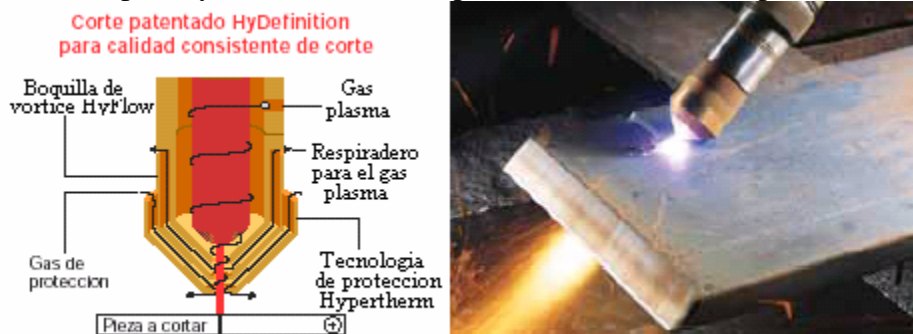


Fig. 13.1.2 Proceso con plasma

ESPECIFICACIONES CE, CCC, CSA

Voltajes de entrada	VCA	Hz	Amps
	200/208	50 – 60	149/144
	240	60	124
	400	50 – 60	75
	440	60	68
	480	60	62
	600	60	50
Voltaje de salida	175 VCD		
Corriente de salida	260 A		
Factor de utilizacion	100% a 40° C a 45,5 kW		
Maximo voltaje en circuito abierto	311 VCD		
Dimensiones	115 cm alto, 82 cm ancho, 119 cm longitud		
Peso	567 kg		
Alimentacion de gas	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , F5*, H35**, Aire		
Gas plasma	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Aire		
Gas de proteccion	8,3 bar consola manual de gas		
Presion de gas	8,0 bar consola automatica de gas		

\* F5 = 95% N<sub>2</sub>, 5% H<sub>2</sub>

\*\* H35 = 35% H<sub>2</sub>, 65% Ar



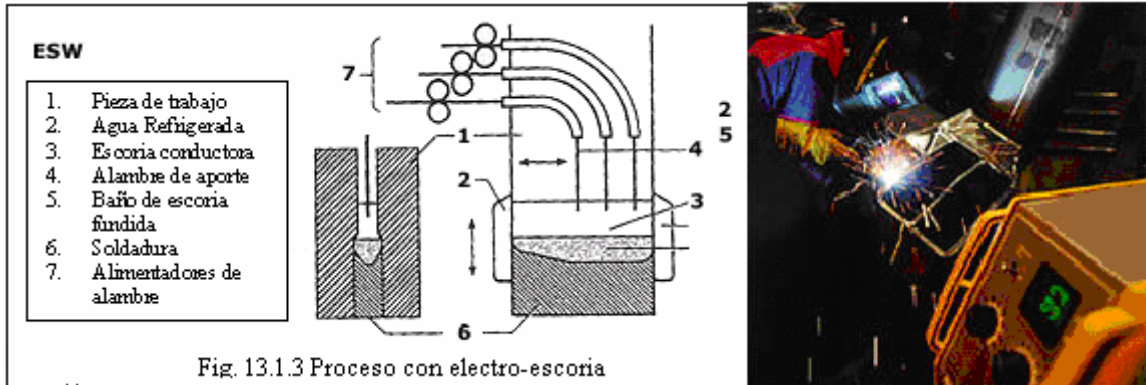
Esta maquina es un ejemplo con las especificaciones para el proceso con plasma

### 12.1.2 Soldadura por Electro Escoria ESW (Electro Slag Welding). (Fig. 13.1.3)

Un arco es establecido entre la pieza a ser soldada y un electrodo. Cuando el fundente, que es colocado en las juntas, se derrite, produciendo un baño de escoria que se hace mas profundo cada vez; cuando la temperatura de este baño de escoria, y por consiguiente sus capacidades eléctricas, se incrementan, el arco se extingue, se apaga, y la corriente es conducida a través de el cordón de escoria que cubre las juntas, donde la energía para la soldadura es producida a través de la resistencia generada.

La soldadura es formada entre unas mandíbulas fijas y móviles de cobre enfriadas por agua y la cara de la pieza a ser soldada. La cabeza de soldadura se mueve hacia arriba según el proceso avanza. Uno o más electrodos pueden ser usados como material consumible, dependiendo del espesor de las láminas a ser soldadas, si el material base es de un diámetro muy alto, entonces un movimiento oscilatorio puede ser agregado.

La parte mala de este proceso es que la alta cantidad de energía aplicada contribuye a que el proceso de enfriamiento se haga muy lento, lo que resulta en una poderosa alteración de la granulometría en la zona de calor afectada (HAZ).



### **XIII. DISCONTINUIDADES:**

Son interrupciones en la estructura física normal de un material.

Discontinuidades de proceso: Se relacionan con diversos procesos de manufactura tales como: el maquinado, forjado, extruído, rolado, soldadura, tratamientos térmicos y recubrimientos.

Tipos de discontinuidades

#### *Porosidad.*

Son gases atrapados de forma redonda o semejante a ella, pueden presentarse en la superficie o en el interior del metal

#### *Inclusiones Metálicas.*

Presentan formas irregulares y consisten en impurezas incluidas accidentalmente en el metal fundido.

#### *Cavidad.*

Presentan forma alargada, su interior esta lleno de aire o algún otro gas. Es causado por encogimiento cuando el metal se solidifica. Puede extenderse profundamente en el centro del lingote.

#### *Laminación.*

Son inclusiones no metálicas, poros o cavidades aplanadas durante el proceso de laminado o emparedado en el acero. Se orientan en la dirección del rolado.

#### *Grietas.*

Se presentan como desgarramientos del material, son provocadas por cambios en las secciones de las piezas fundidas

#### ***Discontinuidades en soldadura.***

Grietas:

#### *Por cráter.*

Se producen en el borde del cráter de la soldadura por una inapropiada terminación del cordón de la soldadura, puede ser causado también por esfuerzos de contracción excesivos debido a la falta de tratamientos térmicos de relevados de esfuerzos, o bien, a exceso de humedad en el electrodo.

#### *Por Esfuerzo.*

Pueden ser causadas por falta de tratamientos térmicos de relevados de esfuerzos y pueden ocurrir transversales al cordón del cordón de soldadura o a todo lo largo.

#### *Porosidades*

Causado por gases atrapados (humedad), son de forma circular, pueden ser causados por tener el electrodo alto respecto al charco del cordón de soldadura

#### *Inclusiones De Escoria.*



Puede ser debida a atrapamiento de escoria durante el proceso debido al procedimiento empleado, o bien, en cordones múltiples, no haber limpiado previamente el cordón anterior de escoria.

*Falta De Penetración.*

Debido a técnica deficiente de soldeo, falta de corriente o mala penetración de la junta para soldar.

*Falta De Fusión.*

Debido a falla en la técnica de soldeo, el electrodo "apunta" más a un lado que a otro, o bien el electrodo no está simétrico con respecto a su recubrimiento, causando distorsión del arco.

*Socavación.*

Se presenta en la superficie del material soldado y es debido a que por falla del soldador, exceso de corriente parte del material base se come.

#### **XIV. INSPECCIÓN VISUAL.**

En caso de la presencia de algún defecto a la vista este debe ser retirado con la ayuda del esmeril y verificar con la ayuda de las tintas penetrantes la correcta reparación y aceptación del mismo.

El alto del pase de presentación o refuerzo de soldadura se acepta entre (0 y 3mm)

Y ancho del pase de presentación no debe sobrepasar 1,5mm a lado y lado del borde del bisel.

El supervisor verifica que la cara del cordón de presentación sea plana o ligeramente convexa, uniforme en ancho, alto, color y apariencia y emite concepto de aceptación o rechazo.

Una vez terminada la junta el soldador debe poner su estampa con el fin de asignar responsabilidades en los posibles defectos en el control de calidad posterior,

En una línea de producción una junta puede ser realizada por uno o varios soldadores, esto implica que cada uno de los participantes estampe e identifique de que parte de la junta es responsable cada uno.

El supervisor identifica la junta soldada de acuerdo a los planos de fabricación, controlando la producción.

El control de calidad normalmente se realiza por medio de radiografía industrial la cual debe ser evaluada por el inspector de apoyo técnico de la producción,

El inspector o su delegado verifican, que se realice un nuevo control radiográfico cuando la junta soldada ha sido reparada, cumpliendo las normas de seguridad para tomas de radiografía industrial, y registrando los resultados de este.

El control de calidad por radiografía industrial o partículas magnéticas lo realiza el profesional inspector de apoyo técnico de la producción.

El inspector de Apoyo Técnico a la Producción acepta o rechaza la junta.

## **XV. PUEBAS DESTRUCTIVAS.**

El objetivo principal de las pruebas destructivas es determinar cuantitativamente el valor de ciertas propiedades de los materiales, como resistencia mecánica, la tenacidad o la dureza. La ejecución de las pruebas destructivas involucra el daño del material, la destrucción de la probeta o la pieza empleada en la determinación correspondiente, por lo que podemos concluir que los ensayos destructivos son la aplicación de métodos físicos directos que alteran de forma permanente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material, parte o componente sujeto a inspección.

Este tipo de pruebas siempre ha sido necesario para comprobar si las características de un material cumplen con lo especificado durante el diseño. Debe observarse que estas pruebas no se pueden aplicar a todas las partes o componentes, ya que serían destruidos y perderían su utilidad.

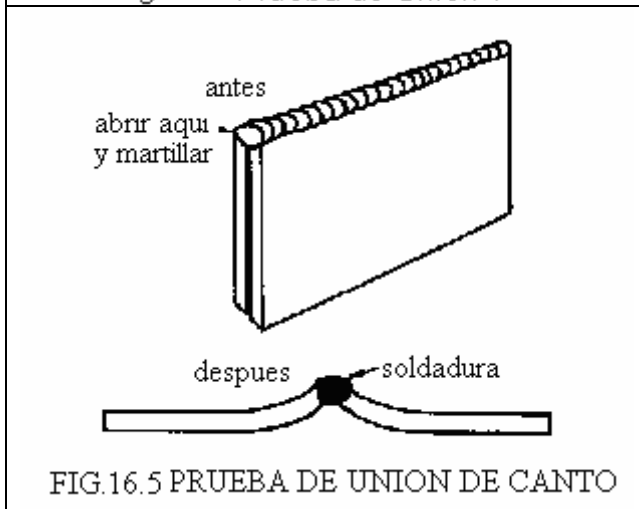
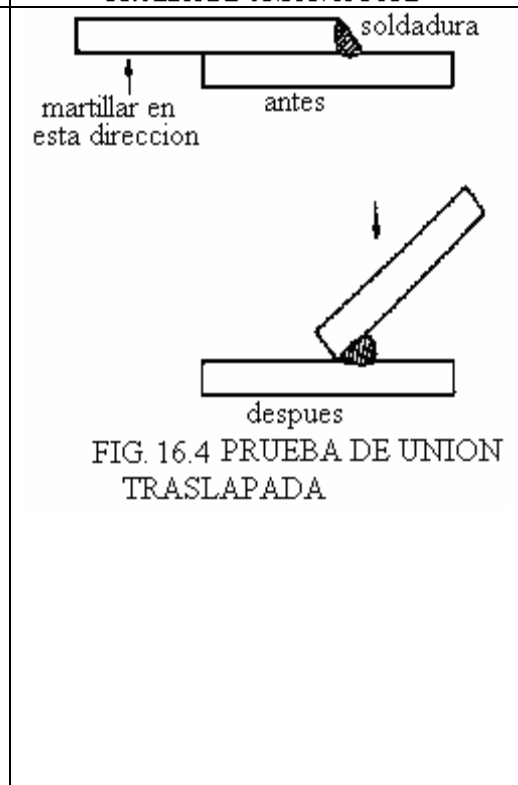
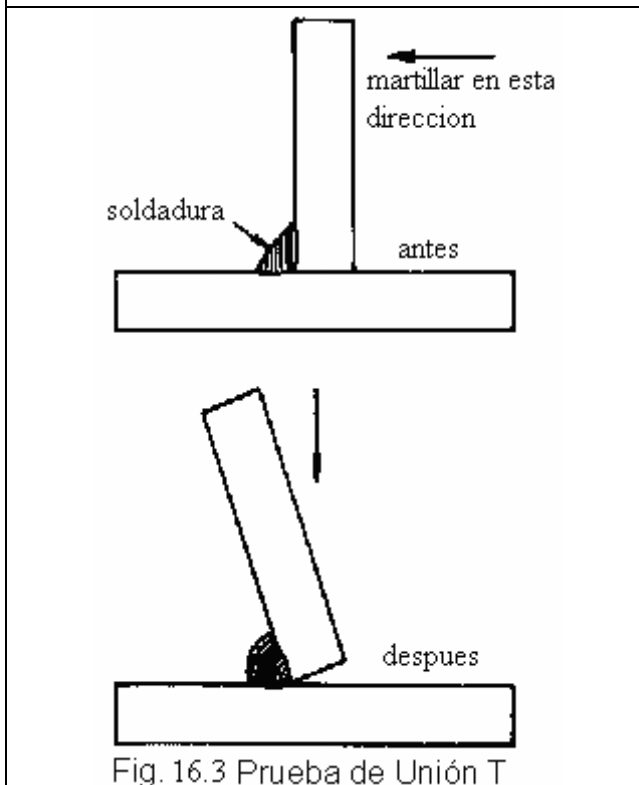
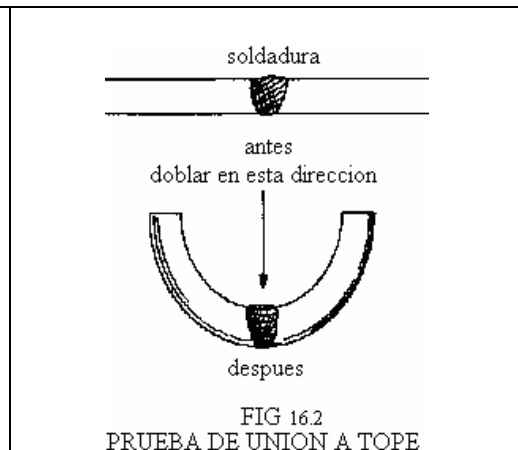
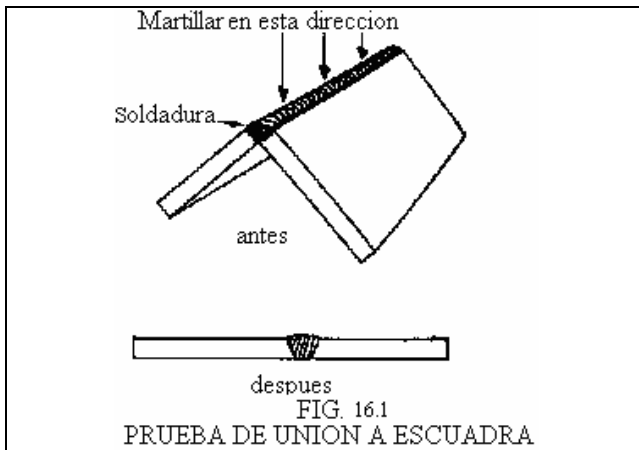
Sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías y la optimización de los productos o los requisitos de seguridad, como es el caso de la industria aeroespacial, la núcleo eléctrica o la petroquímica, impusieron también nuevas condiciones de inspección, en las cuales se estableció la necesidad de verificar hasta en un 100% los componentes críticos; lo que planteó una severa dificultad a los departamentos de calidad, hasta que iniciaron el empleo de otras técnicas de inspección, diferentes a la visual, con las cuales se medía la integridad de los componentes sin destruirlos. Esto fue posible al medir alguna otra propiedad física del material y que estuviera relacionada con las características críticas del componente sujeto a inspección; es decir, se inició la aplicación de las pruebas no destructivas.

### **15.1 Ensayos Destructivos.**

Si la soldadura va a ser parte de un conjunto o estructura grande, se pueden efectuar pruebas destructivas en muestras o probetas, similares a la unión soldada real. En una prueba destructiva se dobla, tuerce o se trata de separar por tracción (estiramiento) la soldadura para determinar si hay fallas. Estas son pruebas sencillas que se pueden efectuar en cualquier taller de soldadura sin necesidad de un equipo costoso. El método más sencillo para hacerlas es sujetar la unión en la parte superior de un yunque con pinzas o fijarla en un tornillo de banco. La unión se debe sujetar lo más cerca posible de la soldadura. Después de fijarla como se describió, se le dan golpes con un martillo para probar la soldadura.

Las cinco uniones básicas se pueden probar en taller en la siguiente forma:

- La unión a escuadra se debe martillar hasta que quede plana (**Fig. 16.1**).
- La unión de tope se debe doblar hasta que quede en forma de “U” (**Fig. 16.2**).
- La unión T se debe martillar la pieza vertical hasta que quede horizontal (**Fig. 16.3**).
- La unión traslapada se debe martillar hasta que se parezca a la unión T (**Fig. 16.4**).
- La unión de canto se debe abrir y doblar hasta que se forme una unión en “U”, similar a la unión a tope. (**Fig. 16.5**).



## **XVI. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN UNIONES SOLDADAS.**

**Las pruebas no destructivas** PND son la aplicación de métodos físicos indirectos, como es la transmisión del sonido, la opacidad al paso de la radiación, etc., y que tienen la finalidad de verificar la sanidad de las piezas examinadas. No obstante, cuando se aplica este tipo de pruebas no se busca determinar las propiedades físicas inherentes de las piezas, sino verificar su homogeneidad y continuidad. Por lo tanto, estas pruebas no sustituyen a los ensayos destructivos, sino que más bien los complementa.

Las pruebas no destructivas, como su nombre lo indica, no alteran de forma permanente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un material. Por ello no inutilizan las piezas que son sometidas a los ensayos y tampoco afectan de forma permanente las propiedades de los materiales que las componen.

De acuerdo con su aplicación, los Ensayos no Destructivos (nombre más comúnmente usado para las pruebas no destructivas) se dividen en:

- Técnicas de Inspección Superficial.
- Técnicas de Inspección Volumétrica.
- Técnicas de Inspección de la integridad o hermeticidad.

### **16.1.0 Líquidos penetrantes.**

La inspección por Líquidos Penetrantes es empleada para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

En términos generales, esta prueba consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, el cual penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad. Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador, el cual generalmente es un polvo blanco, que absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa de revelador se delinea el contorno de ésta.

Actualmente existen 18 posibles variantes de inspección empleando este método; cada una de ellas ha sido desarrollada para una aplicación y sensibilidad específica. Así por ejemplo, si se requiere detectar discontinuidades con un tamaño de aproximadamente medio milímetro (0.012 plg. aprox.), debe emplearse un penetrante fluorescente, removible por post-emulsificación y un revelador seco. Por otra parte, si lo que se necesita es detectar discontinuidades mayores a 2.5 mm. (0.100 plg. aprox.), conviene emplear un penetrante contrastante, lavable con agua y un revelador en suspensión acuosa.

#### **16.1.1 Limitaciones generales de los líquidos penetrantes.**

- Sólo son aplicables a defectos superficiales y a materiales no porosos.
- Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.
- No se proporciona un registro permanente de la prueba no destructiva.
- Los Inspectores deben tener amplia experiencia en el trabajo.
- Una selección incorrecta de la combinación de revelador y penetrante puede ocasionar falta de sensibilidad en el método.
- Es difícil quitarlo de roscas, ranuras, huecos escondidos y superficies ásperas.

### 16.2.0 Ultrasonido industrial

La examinación por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material.

La historia del Ultrasonido Industrial como disciplina científica pertenece al siglo XX. En 1924, El Dr. Sokolov desarrolló las primeras técnicas de inspección empleando ondas ultrasónicas. Los experimentos iniciales se basaron en la medición de la pérdida de la intensidad de la energía acústica al viajar en un material. Para tal procedimiento se requería del empleo de un emisor y un receptor de la onda ultrasónica.



Fig. 17.1 PALPADORES

Los equipos de ultrasonido que empleamos actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, sub-superficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador (Fig. 17.1) utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0.25 hasta 25 MHz.

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro del palpador; este elemento, que llamaremos transductor, tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente, y por el efecto piezoeléctrico, el transductor vibra a altas frecuencias (lo que genera ultrasonido); estas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar. Durante el trayecto en el material, la intensidad de la energía sónica sufre una atenuación, que es proporcional a la distancia del recorrido. Cuando el haz sónico alcanza la frontera del material, dicho haz es reflejado. Los ecos o reflexiones del sonido son recibidos por otro (o por el mismo) elemento piezoeléctrico y su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos, en donde la trayectoria del haz es indicada por las señales de la pantalla; también puede ser transmitida a un sistema de graficado, donde se obtiene un perfil acústico de la pieza a una pantalla digital, donde se leerá un valor o a una computadora, para el análisis matemático de la información lograda.

En muchos aspectos la onda de ultrasonido es similar a las ondas de luz; ambas son ondas y obedecen a una ecuación general de onda.

$$f(x,t) = f\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

Supongamos que, en una cuerda tensa, creamos una forma  $f$  en determinado instante y después observamos como se propaga a una velocidad  $U$ . Esto supone que la deformación que antes había para  $t = 0$  en  $x = 0$  deberá desplazarse de tal forma que, siendo coherente con su velocidad, se encuentre en  $x = ut$  en un tiempo  $t$ . Esto se puede lograr considerando la función de onda.

## REQUISITOS Y SECUENCIA DE LA INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO INDUSTRIAL.

Antes de iniciar una inspección por UT, es necesario definir los siguientes parámetros, a fin de hacer una correcta selección del equipo de trabajo:

Cuál es el tipo de discontinuidad que puede encontrarse.

Qué extensión y orientación puede tener en la pieza.

Qué tolerancias se pueden aplicar para aceptar o rechazar la indicación.

En la inspección de soldaduras se utiliza generalmente el método de pulso-eco en la presentación SCAN-A. Este sistema (SCAN-A) utiliza un tubo de rayos catódicos que muestra la información del ensayo.

Todas las normas exigen que el instrumento de inspección ultrasónica sea revisado y, en caso necesario, recalibrado por un taller de servicio autorizado por el fabricante.

Este último punto es de vital importancia si se está trabajando bajo códigos o normas de aceptación internacional como AWS o ANSI/ASME. Con base en lo anterior, antes de adquirir un equipo, es recomendable visitar al proveedor y comprobar que cuenta con la licencia por parte del fabricante para dar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo al equipo.

A continuación se deben seleccionar el palpador y el cable coaxial a ser empleados:

Los cables son del tipo coaxial para prevenir problemas de interferencia eléctrica y sus conexiones deben ser compatibles con las del instrumento y el palpador a emplear.

*Los factores a ser tomados en cuenta para la selección de un palpador son:*

- Número de cristales piezoeléctricos.
- El tipo de inspección (contacto, inmersión, alta temperatura).
- El diámetro del elemento piezoeléctrico.
- La frecuencia de emisión.
- En su caso, el ángulo de refracción.
- El tipo de banda.
- El tipo de protección de anti-desgaste.

Por lo común, las normas establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los palpadores.

En la inspección por ultrasonido se utiliza por lo general ondas longitudinales (haz recto) u ondas transversales (haz angular). Las frecuencias más comúnmente utilizadas son de 1 a 5 MHz. con haces de sonido o ángulos de 0°, 45°, 60° y 70°.

En la inspección con haz recto; el sonido transmitido perpendicularmente a la superficie de entrada del sonido.

Utilizando un bloc de referencia el cual cuenta con una discontinuidad artificial o natural de tamaño conocido, es posible calibrar el equipo y así calcular aproximadamente el tamaño de las discontinuidades detectadas.

En la mayoría de las inspecciones de soldaduras, que se efectúan utilizando la técnica de haz angular, Idealmente solamente aparecerán en el TRC señales originadas por discontinuidades durante la inspección.

Es frecuente su empleo para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, detección de defectos en piezas que han sido fundidas forjadas, roladas o soldadas; en las aplicaciones de nuevos materiales como son los metal cerámicos y los materiales compuestos, ha tenido una gran aceptación, por lo sencillo y fácil de aplicar como método de inspección para el control de calidad. Las nuevas tendencias indican que su campo de aplicación se mejorará con el apoyo de las computadoras para el análisis inmediato de la información obtenida.

### **16.2.1 Ventajas del ultrasonido industrial.**

- Se detectan discontinuidades superficiales y sub-superficiales.
- Puede delimitarse claramente el tamaño de la discontinuidad, su localización y su orientación.
- Sólo se requiere acceso por un lado del material a inspeccionar.
- Tiene alta capacidad de penetración y los resultados de prueba son conocidos inmediatamente.

### **16.2.2 Limitaciones del ultrasonido industrial.**

- Está limitado por la geometría, estructura interna, espesor y acabado superficial de los materiales sujetos a inspección.
- Localiza mejor aquellas discontinuidades que son perpendiculares al haz de sonido.
- Las partes pequeñas o delgadas son difíciles de inspeccionar por este método.
- El equipo puede tener un costo elevado, que depende del nivel de sensibilidad y de sofisticación requerido.
- El personal debe estar calificado y generalmente requiere de mucho mayor entrenamiento y experiencia para este método que para cualquier otro de los métodos de inspección.
- La interpretación de las indicaciones requiere de mucho entrenamiento y experiencia de parte del operador.
- Requiere de patrones de referencia y generalmente no proporciona un registro permanente.

La habilidad de un sistema ultrasónico para detectar defectos a una profundidad dada en un material de prueba está de acuerdo con la sensibilidad del material. Entre más grande sea la señal producida por los defectos, se dice que el sistema ultrasónico es más sensible. Por otro lado, la resolución axial es la habilidad de un sistema ultrasónico de producir señales simultáneas producidas por distintos defectos, que se encuentran cercanos entre sí, dentro del espacio del haz ultrasónico. Así, la habilidad de un sistema ultrasónico de detectar discontinuidades localizadas cerca de la superficie de la pieza de prueba se denomina resolución de superficie. En el **Cuadro 17.2** se encuentra una relación de la aplicabilidad del tipo de ondas ultrasónicas.



TIPO DE ONDA	GAS	LIQUIDO	SÓLIDO	MOVIMIENTO DE PARTICULA	APLICACION
Longitudinal	Si	Si	Si	Compresión y refracción a lo largo del eje de propagación.	Pruebas, mediciones (mas usado).
Transversal	No	No (excepto, pequeña película)	Si	Desplazamiento de la partícula perpendicular al eje de propagación.	Pruebas, soldadura, resonancia.
Superficie	No	No	Si (solo superficie)	Elipses, se atenúan rápido por debajo de la superficie.	Pruebas de superficie para partes de difícil acceso.
Lamb	No	No	Si	Elipses, transmisión de onda guiada.	Lamina y barras delgadas.

Cuadro 17.2 Características y aplicación de las ondas

La medición sónica en sistemas en donde un transductor y un medio convencional tienen poca accesibilidad hace combinar cada propiedad del sonido hasta ajustar las condiciones y medios apropiados. En condiciones donde el transductor tiene difícil acceso, puede utilizar una extensión de señal cuyo medio de transmisión no se vea disminuido fuertemente, en particular el medio líquido; según se observa en el **Cuadro 17.3**, tiene un valor significativo de impedancia. Así, el problema estriba en diseñar el equipo de transmisión y posicionamiento del sistema. Otro punto de interés es la transmisión en el punto de contacto con la superficie del material por examinar. Aquí funciona un acoplamiento plástico de lo más delgado y homogéneo posible, para ser fiel al relieve y con la suficiente presión para eliminar ruido por aire o espacio sin medio transmisor.

		VELOCIDADES SONICAS 10 <sup>5</sup> CM/S			
MATERIAL	DENSIDAD (P) g/cm 10 <sup>3</sup>	V1 (a)	V1 (b)	V3 (c)	IMPEDANCIA ACUSTICA (Z1) 10 <sup>5</sup> g/cm 10 <sup>3</sup>
ACEROS INOXIDABLES					
Tipo 302	7.9	5.66	3.12	3.12	4.47
Tipo 304 L	7.9	5.64	3.07	...	4.45
Tipo 347	7.91	5.74	3.10	2.8	4.54
Tipo 410	7.76	5.39	2.99	2.16	4.13
Tipo 430	7.7	6.01	3.36	...	4.63
ALUMINIOS					
1100-O	2.71	6.35	3.1	2.97	1.72
Aleación 2117-T4	2.8	6.25	3.1	2.79	1.75
PLOMO					
Puro	11.34	2.16	0.70	0.64	2.45
Duro (94Pb-6Sb)	10.88	2.16	0.81	0.73	2.35
NO METALES					
Aire	0.00129	0.331	...	...	0.00004
Aceite (SAE 20)	0.87	1.74	...	...	0.150
Aceite transformador	0.92	1.38	...	...	0.127
Parafina	0.9	2.2	...	...	0.2
PLASTICO Y OTROS MATERIALES					
Teflón	2.2	1.35	...	...	0.30
Cuarzo natural	2.65	5.73	...	...	1.52
Caucho vulcanizado	1.1-1.6	2.3	...	...	0.25-0.37
AGUA					
Líquida (f)	1.0	1.49	...	...	0.149
Hielo (g)	0.9	3.98	1.99	...	0.36
(a) Ondas longitudinales de compresión. (b) Ondas transversales. (c) Ondas superficie. (d) Para ondas longitudinales $Z_1 = \rho V_1$ . (e) A temperatura y presión estándar. (f) A 4°C. (g) A 0°C.					

Cuadro 17.3. Propiedades Acústicas de diferentes materiales

## **XVII. PARTICULAS MAGNETICAS.**

La inspección por Partículas Magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos. Se selecciona usualmente cuando se requiere una inspección más rápida que con los líquidos penetrantes.

El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de polos cuando se genera o se induce un campo magnético en un material ferromagnético; es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, éste se deforma o produce polos. Las distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas, que fueron aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie sujeta a inspección y que por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de manera directa o bajo luz ultravioleta. Actualmente existen 32 variantes del método, que al igual que los líquidos penetrantes sirven para diferentes aplicaciones y niveles de sensibilidad.

En este caso, antes de seleccionar alguna de las variantes, es conveniente estudiar el tipo de piezas a inspeccionar, su cantidad, forma y peso, a fin de que el equipo a emplear sea lo más versátil posible; ya que con una sola máquina es posible efectuar al menos 16 de las variantes conocidas.

Es importante destacar que con este método sólo pueden detectarse las discontinuidades perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético. De acuerdo al tipo de magnetización, los campos inducidos son longitudinales o circulares. Además, la magnetización se genera o se induce, dependiendo de si la corriente atraviesa la pieza inspeccionada, o si ésta es colocada dentro del campo generado por un conductor adyacente.

### **17.1.0 Ventajas de las partículas magnéticas.**

- Con respecto a la inspección por líquidos penetrantes, este método tiene las siguientes ventajas:
- Requiere de un menor grado de limpieza.
- Generalmente es un método más rápido y económico.
- Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie.
- Tiene una mayor cantidad de alternativas.

### **17.1.1 Limitaciones de las partículas magnéticas.**

- Son aplicables sólo en materiales ferromagnéticos.
- No tienen gran capacidad de penetración.
- El manejo del equipo en campo puede ser caro y lento.
- Generalmente requieren del empleo de energía eléctrica.
- Sólo detectan discontinuidades perpendiculares al campo.

### **17.1.2 Requisitos de la inspección por partículas magnéticas.**

Antes de iniciar la inspección por Partículas Magnéticas, es conveniente tomar en cuenta los siguientes datos:

1. La planificación de este tipo de inspecciones se inicia al conocer cuál es la condición de la superficie del material y el tipo de discontinuidad a detectar. Así mismo deben

conocerse las características metalúrgicas y magnéticas del material a inspeccionar; ya que de esto dependerá el tipo de corriente, las partículas a emplear y, en caso necesario, el medio de eliminar el magnetismo residual que quede en la pieza.

2. Si se trabaja bajo normas internacionales (Código ASME, API, AWS) o de compañías (Bell, Pratt & Whitney o GE), las partículas a emplear deben ser de los proveedores de las listas de proveedores aprobados o confiables publicados por ellas. En caso necesario, se solicita al proveedor una lista de qué normas, códigos o especificaciones de compañías satisfacen sus productos.
3. Al igual que en el caso de los líquidos penetrantes, una vez seleccionado uno o varios proveedores, nunca se deben mezclar sus productos, como puede ser el caso de emplear las partículas del proveedor A con un agente humectante del proveedor B o las partículas de diferentes colores o granulometrías fabricadas por el mismo proveedor.

## **XVIII. RADIOGRAFIA INDUSTRIAL**

El caso de la radiografía industrial, como prueba no destructiva, es muy interesante; pues permite asegurar la integridad y confiabilidad de un producto; además, proporciona información para el desarrollo de mejores técnicas de producción y para el perfeccionamiento de un producto en particular.

La inspección por RT se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Al aplicar RT, normalmente se obtiene una imagen de la estructura interna de una pieza o componente, debido a que este método emplea radiación de alta energía, que es capaz de penetrar materiales sólidos, por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dicho material. Por lo anterior, esta prueba es utilizada para detectar discontinuidades internas en una amplia variedad de materiales.

Dentro de los END, la radiografía industrial es uno de los métodos más antiguos y de mayor uso en la industria. Debido a esto, continuamente se realizan nuevos desarrollos que modifican las técnicas radiográficas aplicadas al estudio no sólo de materiales, sino también de partes y componentes; todo con el fin de hacer más confiables los resultados durante la aplicación de la técnica.

El principio físico en el que se basa esta técnica es la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, siendo esta última de una longitud de onda muy corta y de alta energía. Durante la exposición radiográfica, la energía de los rayos X o Gamma es absorbida o atenuada al atravesar un material. Esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material inspeccionado.

La radiación ionizante que logra traspasar el objeto puede ser registrada por medio de la impresión en una placa o papel fotosensible, que posteriormente se somete a un proceso de revelado para obtener la imagen del área inspeccionada; o bien, por medio de una pantalla fluorescente o un tubo de video, para después analizar su imagen en una pantalla de televisión o grabarla en una cinta de video. En términos generales, es un proceso similar a la fotografía, con la diferencia principal de que la radiografía emplea rayos X o rayos Gamma y no energía luminosa.

En la actualidad, dentro del campo de la industria existen dos técnicas comúnmente empleadas para la inspección radiográfica:

Radiografía con rayos X.

Radiografía con rayos Gamma.

La principal diferencia entre estas dos técnicas es el origen de la radiación electromagnética; ya que, mientras los rayos X son generados por un alto potencial eléctrico, los rayos Gamma se producen por desintegración atómica espontánea de un radioisótopo.

Los rayos X son generados por dispositivos electrónicos y los rayos gamma por fuentes radioactivas naturales o por isótopos radioactivos artificiales producidos para fines específicos de Radiografía Industrial, tales como: Iridio 192, Cobalto 60, Cesio 137 y Tulio 170.

La fuente de rayos X es el ánodo en un tubo eléctrico de alto voltaje. Cuando se prende, el haz de electrones generado en el cátodo impacta sobre el ánodo y esto provoca la emisión de los rayos X en todas direcciones; la capa de blindaje alrededor del tubo absorbe los rayos X, excepto aquellos que escapan a través de un orificio o ventana que existe para tal fin. Los rayos que pasan se emplean para producir la radiografía. Cuando se apaga la máquina de rayos X, la radiación cesa y la pieza inspeccionada no conserva radioactividad.

Aunque existen arreglos especiales, diseñados para casos determinados, el equipo que se emplea con más frecuencia para la inspección radiográfica es el siguiente:

1. Fuente de radiación (rayos X o rayos gamma).
2. Controles de la fuente.
3. Película radiográfica.
4. Pantallas intensificadoras.
5. Indicadores de calidad de la imagen.
6. Accesorios.

#### **18.1.0 Requisitos y secuencia de la inspección por radiografía industrial.**

El procedimiento que normalmente se sigue para obtener una radiografía se describe de la siguiente forma:

Inicialmente, deben conocerse algunas características del material que se va a examinar, como son: tipo del metal, su configuración, el espesor de la pared a ser radiografiada, etc. Todo ello con el fin de seleccionar el radioisótopo o el Kilo Voltaje más adecuado.

Una vez establecida la fuente de radiación, se deben calcular las distancias entre ésta, el objeto y la película, para así poder obtener la nitidez deseada.

Igualmente, se selecciona la película con ciertas características que permitan una exposición en un tiempo razonable y una calidad de imagen óptima. Esta se coloca dentro de una porta película que sirve como protección para evitar que la luz dañe la emulsión fotográfica, y que además contenga las pantallas intensificadoras que sirven para reducir el tiempo de exposición, mejorando con esto la calidad de la imagen. Este último proceso se efectúa en el laboratorio.

Una vez realizado lo anterior, se procede a poner en práctica las medidas de seguridad radiológica en la zona en la que se va a efectuar la radiografía con el fin de evitar una sobredosis al personal que pueda estar laborando cerca de la zona de inspección. A continuación, se hace el arreglo para colocar la fuente a la distancia calculada con respecto al objeto y se coloca la película radiográfica del otro lado de éste para registrar la radiación que logre atravesar al material sujeto a inspección.

Esta radiación provoca la impresión de la película radiográfica, que corresponde al negativo de una fotografía. Entre mayor sea la cantidad de radiación que incida sobre la película, más se ennegrecerá ésta. Con el objeto de determinar la sensibilidad y la calidad de una radiografía, se emplean indicadores de calidad de imagen, mal llamados penetra metros. Al realizar la inspección, los indicadores de calidad de imagen se eligen normalmente de manera que el espesor de éstos represente aproximadamente el 2% del espesor de la parte a inspeccionar y, siempre que sea humanamente posible, se colocarán del lado de la fuente de radiación.

La exposición se realiza, bien sea sacando la cápsula que contiene al radioisótopo o encendiendo al aparato de rayos X; esto se lleva a cabo durante el tiempo previamente calculado para realizar la exposición. Una vez terminada la exposición, se recupera la cápsula o se apaga el instrumento de rayos X y la película se lleva a revelar.

Si se comprueba que la imagen es satisfactoria, entonces se interpreta para conocer qué tipo de indicaciones están presentes; las cuales posteriormente serán evaluadas para conocer su nivel de severidad y su posible efecto en el material que se inspecciona.

### **18.1.1 Aplicaciones.**

Las propiedades particulares de la radiografía facilitan su aplicación a nivel industrial, médico y de investigación; pues adicionalmente de que la energía de la radiación puede ser absorbida por la materia, también puede hacer fluorescer ciertas sustancias; siendo por todo esto que la técnica tiene diversas aplicaciones en diferentes ramas.

En primer lugar, están las aplicaciones en las que se emplea la energía radiante y su efecto sobre la materia, como es el caso de las aplicaciones físicas (efectos de fluorescencia), médicas (destrucción de ciertas células) y biológicas (mutaciones o aplicaciones de esterilización biológica).

En segundo lugar, deben mencionarse las aplicaciones en las cuales se emplean los efectos físicos, como son la difracción (determinación de estructuras cristalográficas), fluorescencia (determinación de composición química) y la ionización (detección de la radiación), etc.

En tercer lugar, se tienen las aplicaciones en las que se mide la atenuación de la radiación, como es el caso de la medición de espesores en procesos de alta temperatura; la medición de niveles de fluidos; la determinación de densidades en procesos de producción continua y la radiografía industrial. Finalmente, resta aclarar que la corta longitud de onda de la radiación que emplea la radiografía le permite penetrar materiales sólidos, que absorben o reflejan la luz visible; lo que da lugar al uso de esta técnica en el control de calidad de productos soldados, fundiciones, forjas, etc.; para la detección de defectos internos microscópicos tales como grietas, socavados, penetración incompleta en la raíz, falta de fusión, etc.

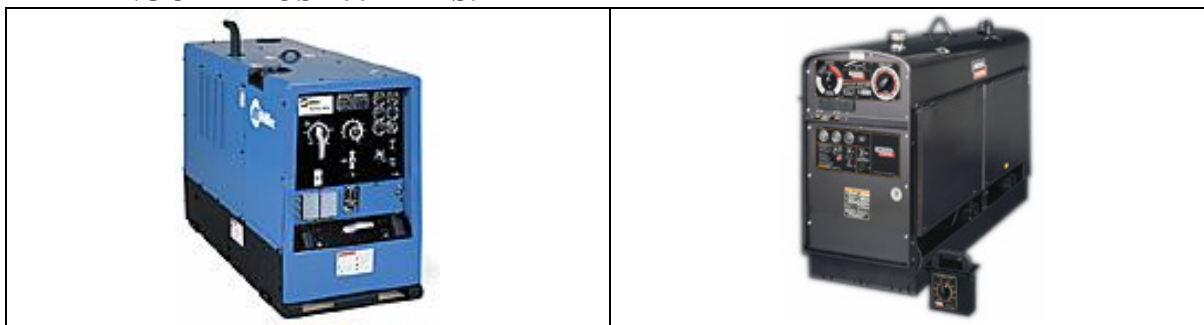
### **VENTAJAS DE LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.**

- Es un excelente medio de registro de inspección.
- Su uso se extiende a diversos materiales.
- Se obtiene una imagen visual del interior del material.
- Se obtiene un registro permanente de la inspección.
- Descubre los errores de fabricación y ayuda a establecer las acciones correctivas.

### **LIMITACIONES DE LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.**

- No es recomendable utilizarla en piezas de geometría complicada.
- No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.
- La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados.
- Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.
- Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.
- Requiere de instalaciones especiales como son: el área de exposición, equipo de seguridad y un cuarto oscuro para el proceso de revelado.
- Las discontinuidades de tipo laminar no pueden ser detectadas por este método.

## XIX. COMPARACIÓN DE DOS MOTO SOLDADORAS MÁS CONOCIDAS EN EL RANGO DE LOS 400 AMPS.



Se trata de las dos soldadoras, impulsadas a motor diesel, la Miller BigBlue 402 y la SAE-400 de Lincoln.

Cuando se combinan con alimentadores de alambre sensibles al voltaje (alimentados con la tensión de arco) se convierten en algo totalmente diferente, creando nuevas capacidades de producción.



### Características que ambas comparten.

- Corriente continuada DC para procesos SMAW (electrodo) y GTAW (Tig) en CC (corriente constante)
- Selector principal de trabajo de cuatro posiciones referenciales de regulación sin "TAPS".
- Reóstato para la regulación infinita del Amperaje de salida.
- Sistema de aceleración automática según la demanda con selector de desactivación.
- Tomacorrientes de 115 y 230 Voltios protegidos para herramientas y otros equipos.
- Conexión para control remoto con selector en el panel principal.
- Ayuda de encendido por termostato para climas fríos.
- Encendido por Botón Pulsador y apagado por Solenoide comandado por Interruptor en el Panel.
- Medidor de Horas de operación del motor.

### Características no compartidas.

	Opcional	Equipado de Fabrica
Selector de Polaridad	BigBlue 402	SAE-400
Medidor de nivel de combustible	SAE-400	BigBlue 402
Voltímetro y Amperímetro de soldadura	BigBlue 402	No Ofrecido
Medidor de Presión de Aceite del Motor	BigBlue 402	SAE-400
Medidor de Temperatura del Motor	BigBlue 402	SAE-400
Medidor de Carga de la Batería	BigBlue 402	SAE-400
Luces indicadoras de presión de aceite, temp y batería	No Ofrecido	BigBlue 402



<b>Características Comparables.</b>	
	
<b>BigBlue 402 Miller</b>	<b>SAE-400 Lincoln</b>
<b>Capacidad</b>	<b>Capacidad</b>
55 a 600 Amperios	80 a 575 Amperios
<b>Ciclo de Trabajo % en 10min</b>	<b>Ciclo de Trabajo % en 10min</b>
400 Amps @ 100%	400 Amps @ 60%
<b>Potencia auxiliar generada</b>	<b>Potencia auxiliar generada</b>
Tensión monofasica	Tensión monofasica
120/240 VAC 60Hz	120/240 VAC 60Hz
4 KW	3 KW
<b>Motores disponibles</b>	<b>Motores disponibles</b>
Perkins 3.1524	Perkins 1004.42
3 Cilindros enfriado por liquido	4 Cilindros enfriado por liquido
Mantenimiento cada 400 horas de trabajo para aceite y filtros	Mantenimiento cada 400 horas de trabajo para aceite y filtros
45 HP	71 HP
1800 RPM	1725 RPM
Deutz F4L1011	Perkins 4.236
4 Cilindros enfriados por aire/aceite	4 Cilindros enfriados por liquido
Mantenimiento cada 1000 horas para aceite y filtros	Mantenimiento cada 400 horas para aceite y filtros
1800 RPM	1725 RPM
<b>Combustible</b>	<b>Combustible</b>
Diesel regular	Diesel regular
25 Galones (~100 Litros)	22,5 Galones (~85 Litros)
Aproximadamente 14 horas de operación en carga operacional	Aproximadamente 10 horas de operación en carga operacional
<b>Dimensiones y Peso</b>	<b>Dimensiones y Peso</b>
1092 mm. de Alto	1270 mm. de Alto
724 mm. de Ancho	711 mm. de Ancho
1637 mm. de Largo	2109 mm. de Largo
697 Kg. sin Combustible y motor Perkins	964 Kg. sin combustible y motor Perkins 1004.42
749 Kg. sin combustible y motor Deutz	937 Kg. sin combustible y motor Perkins 4.236

**XX. RECOMENDACIONES PARA EL USO Y MANEJO DE MÁQUINAS SOLDADORAS, CONSUMIBLES Y ACCESORIOS.**

Lo primero es instalar correctamente el equipo, considerando la ubicación y seguridad del personal con respecto al manejo de la electricidad.

Instale y aterrice la máquina adecuadamente siguiendo las instrucciones del manual que incluye su equipo o bien de acuerdo a los códigos eléctricos nacionales, estatales o locales.

- Apagar el equipo cuando no este en uso.
- Nunca utilizar cables rotos, dañados, mal empalmados o de un tamaño no recomendado.
- No enrollar cables alrededor de un cuerpo.

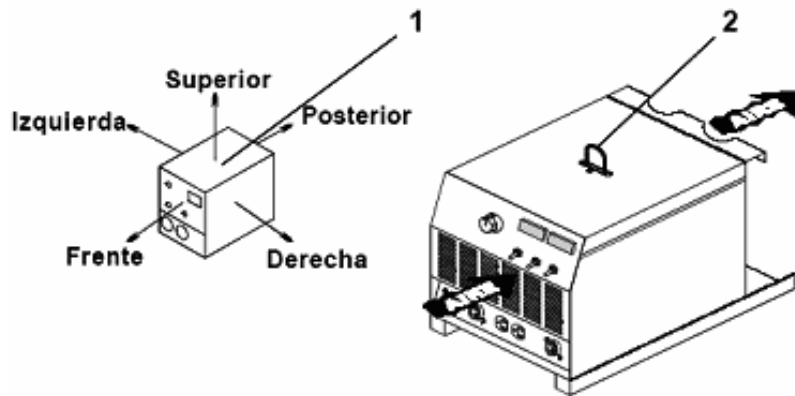


Fig. 21.1

1-Deje un espacio libre de 10 pulgadas (254 mm.) alrededor de la unidad para el buen flujo de aire.

2-Gancho de izar, úselo solo para levantar la unidad. Fig. 21.1

Para poder obtener el máximo desempeño del equipo es necesario tomar en cuenta que los cables de soldadura sean del calibre adecuado de acuerdo a la siguiente tabla:

Amperaje de soldadura	Largo total del cable (cobre) en el circuito de soldadura							
	30 mts. ó menos	45 mts.	60 mts.	70 mts.	90 mts.	105 mts.	120 mts.	
	10 a 60% C. de T.	60 hasta 100% C. de T.	10 hasta 100% Ciclo de Trabajo					
100	4	4	4	3	2	1	1/0	1/0
150	3	3	2	1	1/0	2/0	3/0	3/0
200	3	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0
250	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-2/0
300	1	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-3/0
350	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-3/0	2-4/0
400	1/0	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-4/0	2-4/0
500	2/0	3/0	4/0	2-2/0	2-3/0	2-4/0	3-3/0	3-3/0

En el caso de maquinas de proceso MIG, TIG y corte por plasma en los que es necesario el uso de antorchas, los consumibles de estas juegan un papel importante en la calidad de la aplicación de la soldadura, por esto es recomendable que los revise periódicamente para detectar sí el desgaste esta dentro de los márgenes aceptables.

*LA UNIDAD PUEDE SUFRIR DAÑO SI SE EXCEDEN LOS CICLOS DE TRABAJO\*.*

+ Ciclo de trabajo de una máquina soldadora es el porcentaje de un periodo de 10 minutos, que puede trabajar la unidad sin que se le produzcan daños o sobrecalentamientos

## **XXI. NORMAS DE SEGURIDAD.**

- Protección del peligro de quemaduras: usar ropa con mangas largas, guantes para soldar, zapatos abrochados. Abotonar el cuello de la camisa, cerrar las aberturas de los bolsillos y usar pantalones sin bastillas para evitar la entrada de chispas o escorias. Usar una máscara protectora de vidrio inactínico, protegiéndose el rostro antes de activar el arco. No usar nunca máscaras agrietadas o rotas; las radiaciones luminosas pueden atravesarlas y provocar quemaduras. Vidrios inactínicos agrietados o rotos deben ser sustituidos inmediatamente. No usar ropa manchada con grasa o aceite: una chispa podría incendiarla. No tocar nunca con las manos desnudas metales calientes como trozos de electrodos o piezas recién soldadas.

- Prevención respecto a humos tóxicos: graves malestares o indisposiciones pueden ser provocados por humos, vapores o calor que la soldadura puede producir. Para evitar este riesgo manténgase una adecuada ventilación. Trabajar en un espacio reducido sólo cuando se encuentre adecuadamente ventilado o bien utilizando un aspirador de humo.

- Prevención de incendio y explosiones: las causas de incendio o explosiones son combustibles alcanzados por el arco, llamas, lanzamiento de chispas, escorias candentes o material recalentado, cortocircuitos. Chispas lanzadas o escoria despedidas durante el trabajo pueden pasar a través de resquebrajaduras, a lo largo de conductos, a través de ventanas o puertas, grietas en los muros o en el pavimento. Para prevenir incendios o explosiones, mantener la soldadora limpia y lista para ser usada. Si en las cercanías se encuentran depósitos de combustibles, no soldar. Después de haber efectuado las soldaduras controlar que en el área no se produzcan chispas, no existan tizones ardientes o llamas.

- Atmósferas explosivas: no soldar o cortar en lugares en que el aire pueda contener polvos inflamables, gases combustibles o líquidos inflamables como gasolina o disolventes.

- Prevención de descargas eléctricas: conductores no aislados u otro metal no cubierto en el circuito de soldadura, pueden fatalmente provocar descargas eléctricas. NO tocar superficies húmedas sin la protección adecuada mientras se está soldando. Mantener el cuerpo y la ropa secos. Nunca trabajar en lugares húmedos sin una adecuada protección contra descargas eléctricas. NO tocar nunca el electrodo o cualquier otro objeto metálico conductores contacto con el circuito del electrodo mientras la soldadora se encuentra encendida.

Pinzas porta electrodo: usar sólo pinzas porta electrodos aislados. Retira el electrodo después de haber terminado de soldar. No usar pinzas con tornillos que sobresalen.

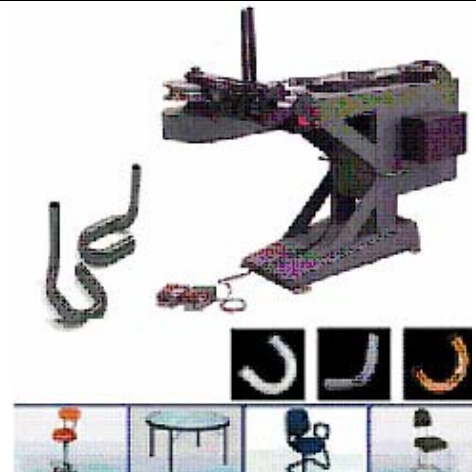
Conectores unir los cables de soldadura usando conectores aislados.

Cable. Controlar con frecuencia los cables para verificar la presencia de cortes, daños o deterioro. **SUSTITUIR INMEDIATAMENTE** aquellos cables con aislamiento excesivamente deteriorada o dañada, para evitar descargas letales causadas por cables descubiertos.

- Dispositivos de seguridad: los dispositivos de seguridad como termo protectores y salvavidas, no deben permanecer desconectados o destornillados. Antes de la instalación, inspección o reparación de la soldadora, quitar a la máquina la alimentación para evitar toda posibilidad de incendio involuntario. Cuando se deja la soldadora sin custodia, desconectar siempre de la red eléctrica.

- Protección para portadores de dispositivo Pacemaker: los campos magnéticos derivantes de las altas corrientes de la soldadura pueden crear dificultades a los portadores de Pacemaker; por lo tanto, estas personas deben consultar al médico antes de aproximarse a arcos de soldadura o efectuar operaciones de soldadura.

## XXII. EQUIPO COMPLEMENTARIO PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS PUBLICITARIAS:

	<p><b>DOBLADORA DE TUBO.</b> Capacidad de tubo redondo: 38 mm (1 1/2") cuadrado: 25 mm (1") motor 3 H.P</p> <p>Maquinas electromecánicas para formas y espirales, sistema de motor poleas husillo, reductor de acero tratado, tuerca de bronce, cadenas y engranes. Cuentan con sistema electrónico para poder lograr 4 diferentes dobleces (grados) programados, sin retirar el material a doblar mediante consola de botones frontal.</p>
---	---

	<p><b>GUILLOTINA</b> Guillotina de placa y lámina de accionamiento hidráulico, equipada con tope trasero motorizado a una velocidad y un recorrido máximo de 600 mm con visualización de la posición del tope mediante contador mecánico visible en la parte frontal de la máquina; cuchillas de 4 filos, la cuchilla superior con 3 diferentes posiciones de Angulo para corte; ajuste de la tolerancia entre cuchillas mediante un par de palancas ubicadas en la parte trasera de la máquina.</p>
--	--



#### DOBLADORAS.

Dobladoras de lámina y placa electrónicas sincronizadas de alta precisión de accionamiento hidráulico con control numérico capaz de controlar hasta 8 ejes en esta serie: 1. Movimiento del tope trasero izquierdo en forma longitudinal. 2. Movimiento del tope trasero derecho en forma longitudinal. 3. Movimiento del tope trasero izquierdo hacia arriba y abajo. 4. Movimiento del tope trasero derecho hacia arriba y abajo. 5. Eje de la cortina para regular el ángulo de doblez. 6. Paralelismo de la cortina. 7. Presión del pistón izquierdo. 8. Presión del pistón derecho. Esta combinación, nos permite formar ciclos de doblez a diferentes distancias de los topes traseros y diversos ángulos de doblez, de manera que se doble producto terminado pieza por pieza con gran exactitud. Así mismo, estos modelos están equipados con un dado hembra con 4 diferentes aperturas de boca y radio y dado macho con un pequeño cuello de ganso. De igual forma, estos modelos cuentan con una garganta entre los de 250 y 680 mm. Las longitudes máximas de doblez en que estos modelos se presentan van desde los 2 hasta los 8 metros y con tonelaje desde 50 hasta 1000 toneladas.



#### Cortadoras de tubo.

Gabinete: de acero con puerta para guardar herramienta.  
Cabeza reductora: de corona-sinfín en baño de aceite.  
Prensa: de doble apriete para corte de libre rebaba ambos lados.  
Cojinetes: de rodillo de alta velocidad.  
Velocidad de disco: 72 RPM.  
Capacidad de disco: 12"  
Motor: de 1 (72 RPM) o 2 (36 RPM y 72 RPM) velocidades, de 3 H.P. trifásico 220-440 V. Bomba refrigerante: de tipo recirculante, mecánica de diafragma integrada a la maquina  
Tablero de control: para arranque de motor y bomba refrigerante.  
Giros de la cabeza: 45° ambos sentidos.  
Capacidad de corte: hasta 89 mm. De diámetro de corte limpio de rebabas.  
Peso: 200 Kg.



**EQUIPO PARA PINTURA. RECOMIENDO ELECTROSTATICA.  
 DESENGRASE Y PRETRATAMIENTO PARA PINTURA ELECTROSTATICA.**



1. Línea de desengrasado y fosfatizado de fierro de 5 etapas, con polipasto.
2. Línea de desengrasado y fosfatizado de zinc de 6 etapas, con polipasto.

No se requiere ser un pintor experto, debido a que la fuente de poder viene preajustada electrónicamente y los controles neumáticos para el ajuste del flujo de polvo se encuentran integrados en la misma pistola. Ha sido diseñado para quienes se inician en la aplicación de pintura en polvo por su facilidad de operación.



Además la sencillez del equipo permite que los cambios de color de la pintura sean fáciles y rápidos. No obstante su sencillez, el equipo resulta adecuado para pequeñas producciones o producción continua, debido a su gran capacidad de trabajo.

Es un equipo de pintura en polvo ideal para laboratorios, retoques y pequeñas producciones.

*PROCESO DE PINTURA ELECTROSTATICA*



**TIPOS DE PRODUCTOS:**



**CANASTILLAS.** Su utilización principal es para la exhibición al detalle del los diferentes productos a promocionar, por ejemplo: pastelitos, pilas, dulces, ropa interior, pañuelos, etc.

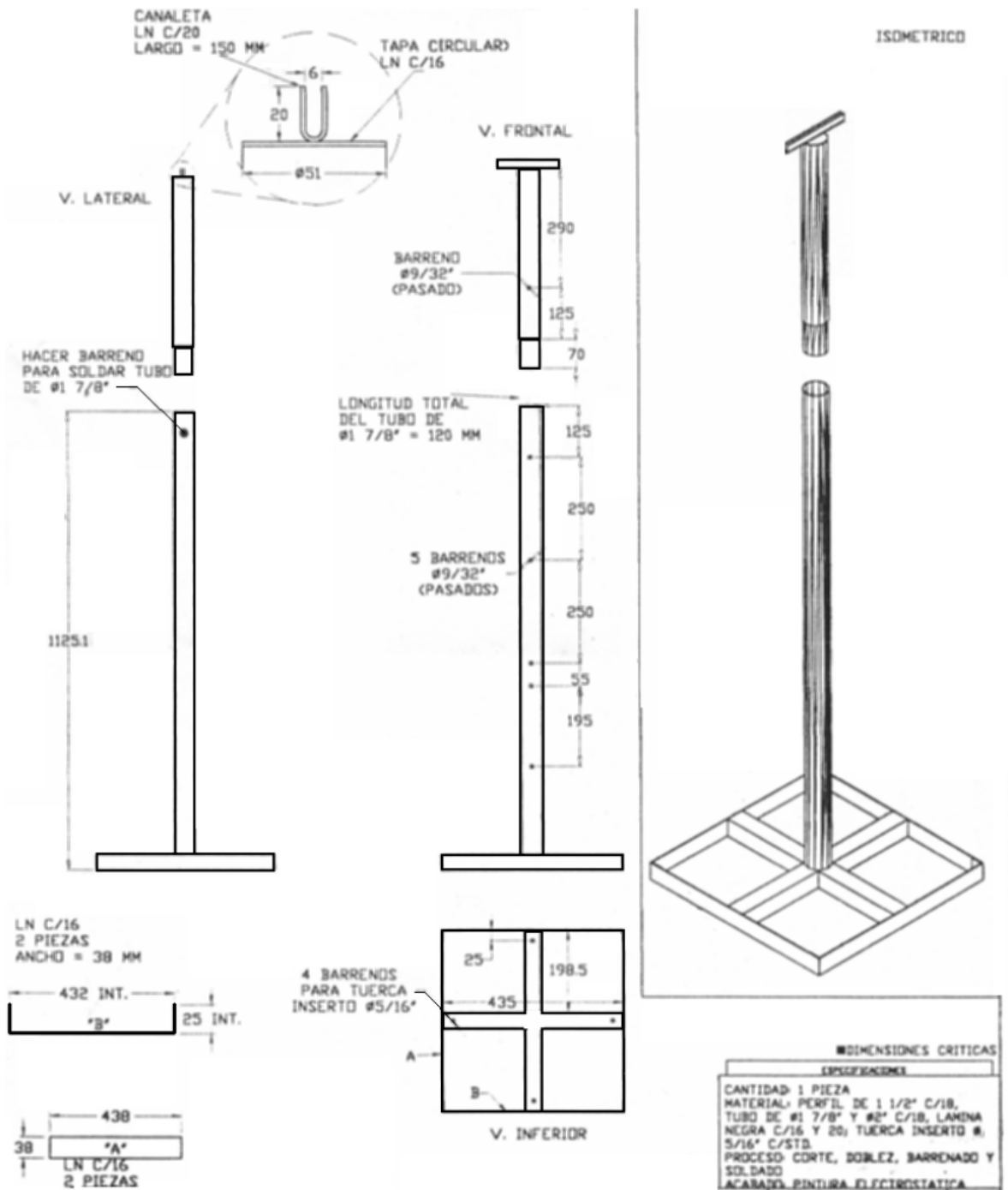


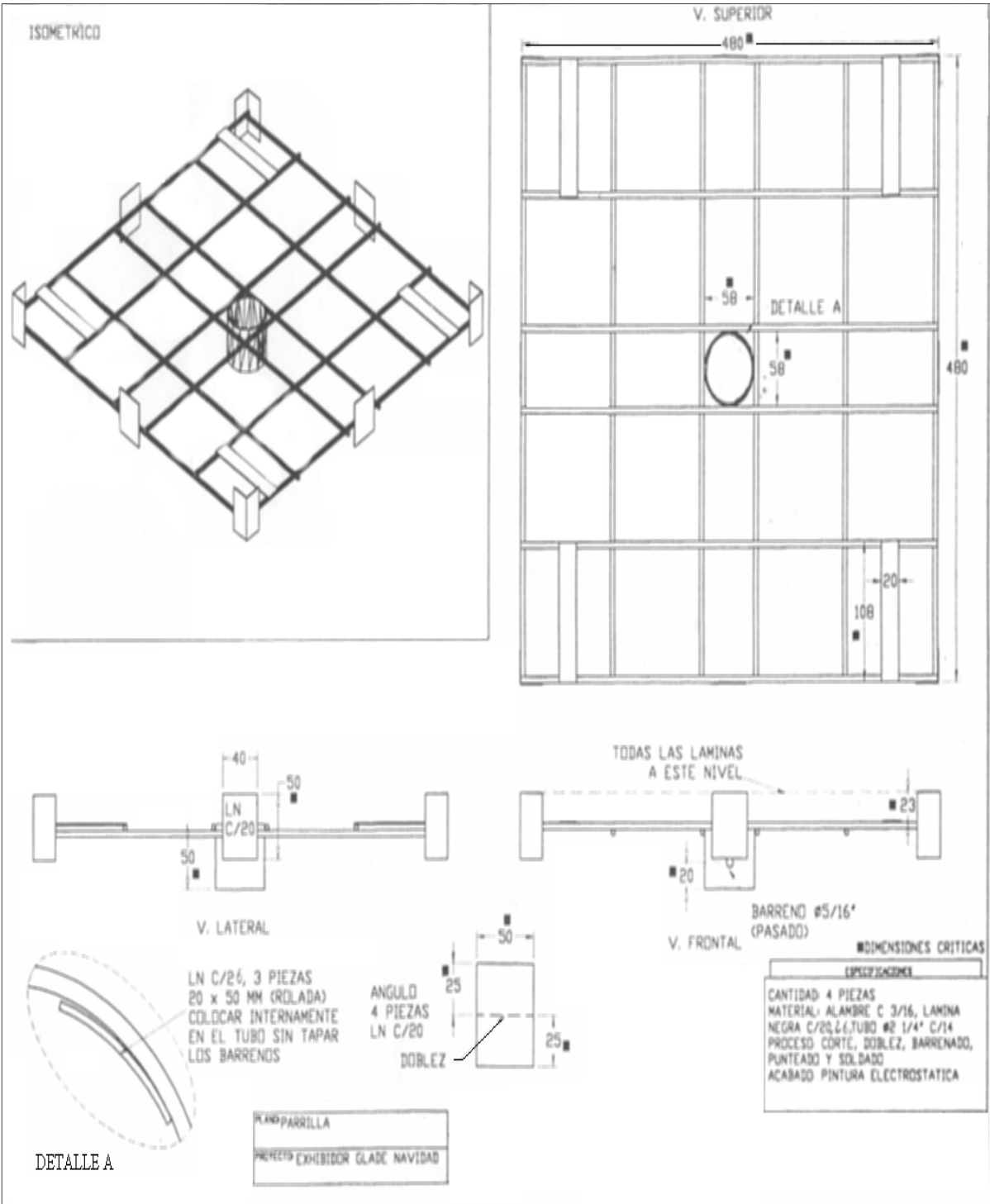
**GONDOLAS.** Su utilización es para la exhibición del producto en forma ya sea por kilogramo o por lotes, por ejemplo Shampoo, perfumería, bebidas, naranjas, melones, etc. Son de gran tamaño, por lo que el mercado de este producto son las grandes empresas comerciales.



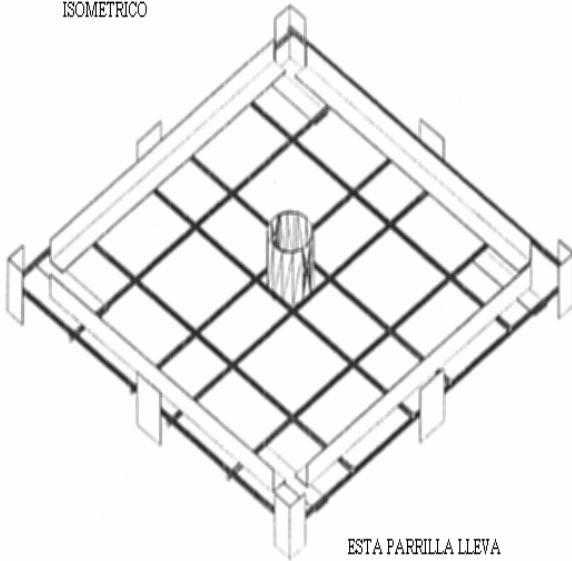
**TUBULARES.** Su principal aplicación es la exhibición de grandes productos, por ejemplo: baterías, electrodomésticos, aceites, garrafones de agua, etc.

**XXIII. EJEMPLO DE APLICACIÓN:** En la industria un cliente llega con los planos siguientes, de un producto llamado “Exhibidor de pastelitos X”, los requerimientos del cliente son:

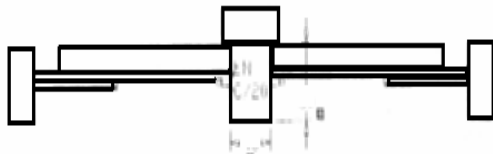
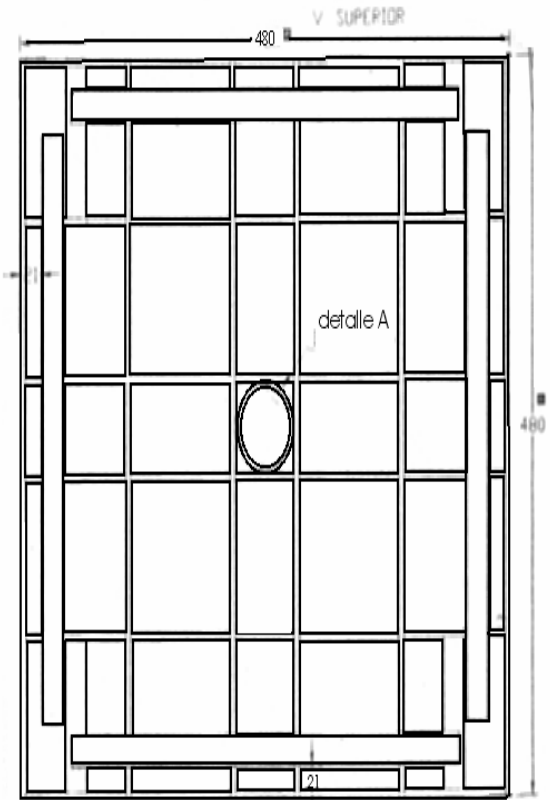




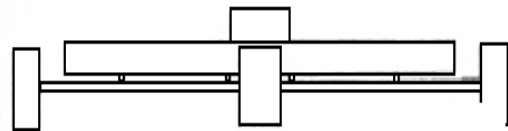
ISOMETRICO



ESTA PARRILLA LLEVA  
ANGULOS EN LA PARTE  
INFERIOR, LAS DIMENSI  
LA PARRILLA SON LAS 1  
QUE SE MARCAN EN EL  
PLANO U2



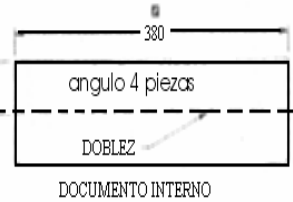
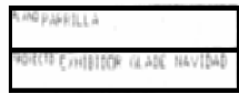
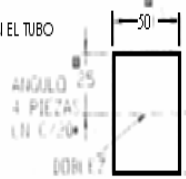
VISTA LATERAL



FRONTAL

DETALLE A

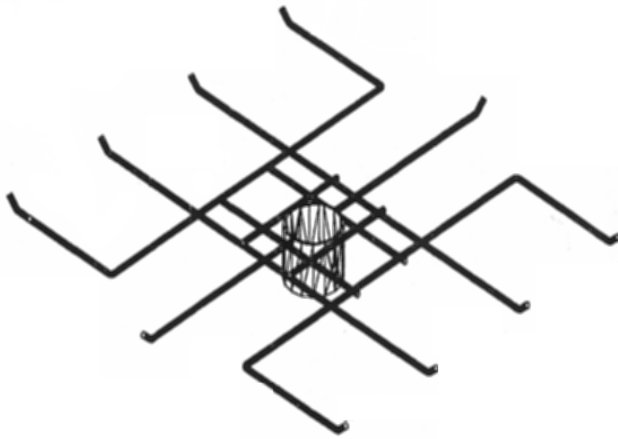
EN C 16 3 PZAS.  
20 X 50 MM/ROLADAS  
CLOCAR INTERIAMENTE EN EL TUBO  
SIN TAPAR LOS BARRENOS



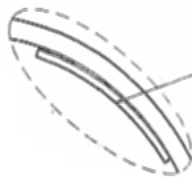
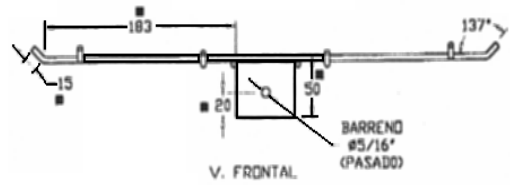
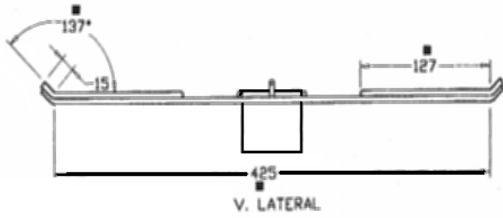
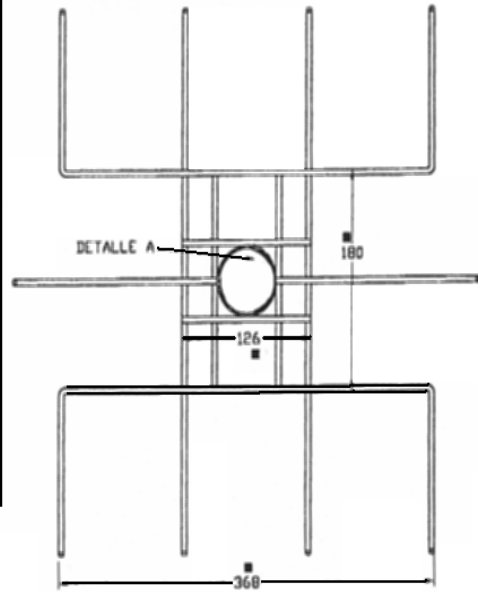
DIMENSIONES CRITICAS

cantidad 1 pza. alambre c  
3/16, lamina negra c 20, 26  
tubo D 2 1/4" c 14  
pintura electrostatica

ISOMETRICO



V. SUPERIOR



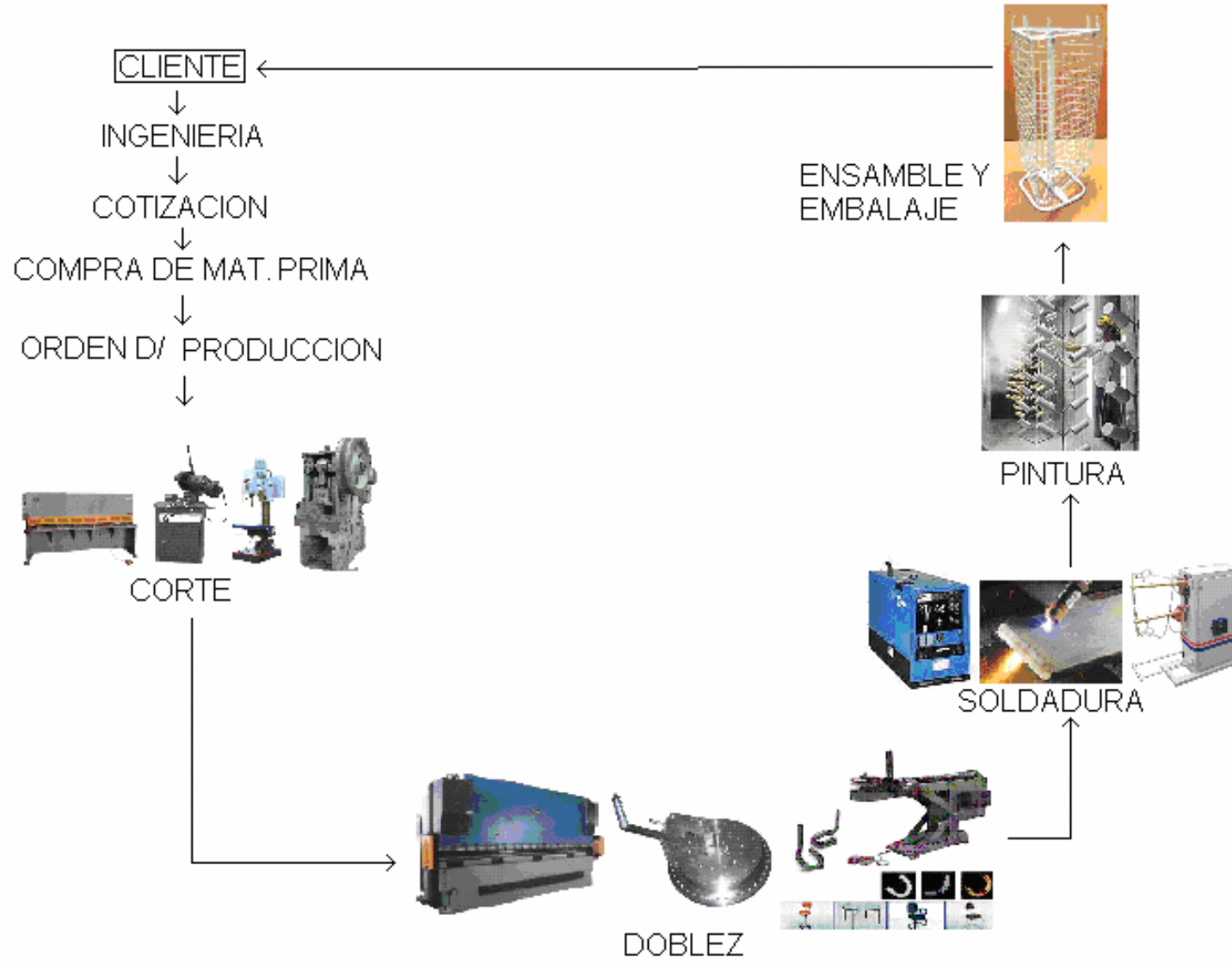
LN C/26, 3 PIEZAS  
20 x 50 MM (ROLADA)  
COLLOCAR INTERNAMENTE  
EN EL TUBO SIN  
TAPAR LOS  
BARRENDOS

PROYECTO: EXHIBIDOR GLASC NAVIBAD

DIMENSIONES CRITICAS

ESPECIFICACIONES  
CANTIDAD 1 PIEZA  
MATERIAL: ALAMBRE C 3/16, TUBO DE #  
2 1/4" C/14 Y LAMINA NEGRA C/26  
PROCESO: CORTE, DOBLEZ, PUNTEADO Y  
SOLDADO  
ACABADO: PINTURA ELECTROSTATICA

ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL RECORRIDO PARA LA ELABORACION DE ESTE PRODUCTO.



## CONCLUSIONES.

La soldadura es un campo fascinante, no existe ningún aspecto de la vida moderna que no este relacionado de forma directa o indirecta con la soldadura. Desde los procedimientos mas sencillos como entretenimiento en casa, auto-mecánica, granjas, fabricas de cualquier tipo y tamaño, industria automovilística, comercio, transporte y hasta la industria espacial son solo algunos ejemplos de que la soldadura esta envuelta de manera significativa en nuestras vidas.

La soldadura es un proceso de unión de materiales, en el cual se funden las superficies de contacto de dos o más partes mediante la aplicación de calor o precisión.

La integración de las partes que se unen mediante soldadura se llama ensamble soldado.

Muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por el calor sin aplicar presión. Otros se obtienen mediante una combinación de calor y presión, y unos únicamente por presión sin aportar calor externo.

En algunos casos se agrega un material de aporte o relleno para facilitar la fusión. La soldadura se asocia con partes metálicas, pero el proceso también se usa para unir plásticos.

La soldadura es un proceso importante en la industria por diferentes motivos:

Proporciona una unión permanente y las partes soldadas se vuelven una sola unidad.

La unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales si se usa un material de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a la de los metales originales y se aplican las técnicas correctas de soldar.

La soldadura es la forma más económica de unir componentes. Los métodos alternativos requieren las alteraciones más complejas de las formas (Ej. Taladrado de orificios y adición de sujetadores: remaches y tuercas). El ensamble mecánico es más pesado que la soldadura.

La soldadura no se limita al ambiente de fábrica, se puede realizar en el campo.

Además de las ventajas indicadas, tiene también desventajas:

La mayoría de las operaciones de soldadura se hacen manualmente, lo cual implica alto costo de mano de obra. Hay soldaduras especiales y la realizan personas muy calificadas.

La soldadura implica el uso de energía y es peligroso.

Por ser una unión permanente, no permite un desensamble adecuado. En los casos cuando es necesario mantenimiento en un producto no debe utilizarse la soldadura como método de ensamble.

La unión soldada puede tener defectos de calidad que son difíciles de detectar. Estos defectos reducen la resistencia de la unión.

## **GLOSARIO DE DEFINICIONES:**

**NIVEL UNO EN SOLDADURA:** Corresponde a las normas elaboradas para los ayudantes o los auxiliares y personal de apoyo en el área de la soldadura

**NIVEL DOS EN SOLDADURA:** Corresponde a las normas elaboradas para los soldadores: 1ª, 1, 2, 3, de platinas, tanques, tubería, líneas de producción en serie o de mantenimiento.

**NIVEL TRES EN SOLDADURA:** Corresponde a las normas elaboradas para los: inspectores, interventores, supervisores, gerentes, diseñadores y demás personal directivo.

**VARIABLE FUNDAMENTAL O ESCENCIAL:** hace referencia a los aspectos que no se deben cambiar durante la ejecución de la junta, pues al variarlos se afecta el resultado definido en el procedimiento calificado, ejemplo cambiar el tipo de electrodo.

**VARIABLE NO ESCENCIAL:** son los aspectos que se pueden variar durante la soldadura y que no afectan el resultado final definido en el procedimiento calificado, ejemplo el ángulo de inclinación del electrodo.

**SMAW:** Proceso de soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido, o soldadura eléctrica.

**CONTROL DE CALIDAD:** son todas las tareas y operaciones encaminadas a la obtención de una soldadura sana libre de defectos, hay control antes, durante y posterior al proceso de soldadura.

**PROCESO DE SOLDADURA:** Es una entre varias técnicas y formas de realizar metódicamente y paso a paso la unión de dos o mas metales, existen muchos procesos de soldadura, los procesos básico de soldadura son: SMAW, GMAW, GTAW, OFW, SAW, PAW, FCAW.

**PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA:** Es el proceso operacional detallado a seguir en la ejecución de una soldadura especificando los metales de base, de aporte, equipos, y personal capacitado con el fin de obtener una soldadura de excelente calidad.

**ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).

**POSICIÓN 1G:** Unión de dos tubos a tope, en la cual el eje del tubo esta en posición horizontal, el tubo gira durante la aplicación de la soldadura y esta se aplica en posición plana, de derecha a izquierda o viceversa.

**POSICIÓN 2G:** Unión de dos tubos a tope, en la cual el eje del tubo esta en posición Vertical, el tubo permanece fijo durante la aplicación de la soldadura y el eje del cordón esta en posición horizontal.

**POSICIÓN 5G (U)** Unión de dos tubos a tope, en la cual el eje del tubo esta en posición horizontal, el tubo permanece fijo durante la aplicación de la soldadura y esta se aplica con progresión vertical ascendente.

**POSICIÓN 6G (U)** Posición de prueba a tope, en la cual el eje del tubo esta a 45° con relación al plano horizontal, el tubo permanece fijo durante la aplicación de la soldadura y esta se aplica en progresión vertical ascendente.



**GALGA:** Instrumento de medición que sirve para dimensionar la geometría de la junta a soldar y soldada, como Angulo de bisel, intersticio, hombro, ancho y alto de penetración o presentación, cedula del tubo.

**SOCAVADURA:** Discontinuidad en forma de muesca que se presenta en la raíz de la junta soldada, en los empalmes en frío, entre cordones y en el pie de la soldadura no es aceptada por el código.

**BIOMBO, CORTINA O MAMPARA:** Son usados como elementos aislantes o protección para las personas, equipos y zona de soldadura, pueden ser de lona o materiales resistentes al fuego, especialmente usados en la soldadura a campo abierto con fuertes corrientes de aire o condiciones climáticas adversas.

**ALTURA DEL REFUERZO:** Sección del pase de presentación y del pase de raíz que sobresale del material base (Refuerzo de la cara del cordón y refuerzo de la raíz de la junta soldada).

**TRANSICIÓN:** Mecanizado o reconstrucción con soldadura que se realiza al material base con el fin de dejar a la misma altura la zona de soldadura de la junta, de acuerdo al código ASME sección VIII.

**ESTAMPA:** Código en números o letras que identifica a cada soldador de una compañía.

**ESTAMPAR:** Identificar la junta soldada con el numero o letra asignado al soldador o soldadores que aplicaron la soldadura con el fin de controlar y asignar la responsabilidad en la ejecución de las soldaduras que presenten no conformidad.

**ATP:** Apoyo técnico a la producción,

**ATS:** Análisis de trabajo seguro,

**R.T:** Ensayo por radiografía industrial,

**P:** porosidad,

**L.P:** falta de penetración,

**N.F:** falta de fusión,

**I.U:** socavaciones,

**P.D:** defecto de tubería,

**W.P.S-EPS:** WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (Especificaciones del procedimiento de soldadura),

**P.Q.R-RPC:** PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (Registros de calificación del procedimiento de soldadura),

**W.P.Q:** WELDING PERFORMANCE QUALIFICATIONS (Calificación de la habilidad del soldador),

**Pase:** Capa completa de soldadura formada por uno o varios cordones ejemplo: pase de raíz, pase caliente, pase de relleno, y pase de presentación o adorno, otros lo denominan de cierre o peinado,

**Cordón:** hilera continua de puntos de soldadura depositada apagando o no el arco.

**TRATAMIENTO TERMICO:** Obtención de las propiedades y las condiciones deseadas de un metal con la ayuda del calor controlándolo adecuadamente.

**ENSAYO DE DUREZA:** Prueba no destructiva, que se realiza con el objeto de medir la resistencia de un metal a ser penetrado o rayado por otro material, en la soldadura de los aceros aleados al cromo, molibdeno es muy común esta prueba con el fin de controlar la uniformidad de grano en la zona afectada por el calor (ZAC),

**FUENTE DE PODER:** Equipo para soldar al arco de corriente continua o alterna, diseñada para realizar soldaduras con los procesos: SMAW, GTAW, GMAW, FCAW,

**ALIVIO DE ESFUERZOS:** Tratamiento térmico que se realiza a las juntas soldadas y a los metales con el objeto de eliminar tensiones producidas durante los trabajos relacionados con la soldadura, este alivio es acompañado con la prueba de dureza.

**API 510:** American Petroleum Institute (API), Código de inspección utilizado por el inspector de los equipos sometidos a presión.

**CALDERA:** Equipo que se utiliza para la generación de vapor o calentamiento de un líquido.

**CODIGO ASME:** abreviación de las siglas de American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code (Código de Calderas y Recipientes a Presión de la ASME).

**CERTIFICADO DE ENVACES A PRESION:** Certificado que coloca el inspector al recipiente de presión inspeccionado.

**CODIGO:** Conjunto de reglas técnicas en el cual está basado el diseño y construcción de los equipos a presión.

## **BIBLIOGRAFIA.**

### **CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES.**

Donald R. Askeland  
Edit. Internacional Thomson Editores  
Tercera Edición.

### **SEGURIDAD INDUSTRIAL.**

Manual De Adiestramiento No. 79 Serie G  
Edit. Herrero hermanos, sucesores, S.A. México

### **FISICOQUÍMICA / GILBERT W. CASTELLAN.**

Castellan, Gilbert William,  
Addison-Wesley Iberoamericana, 1983

### **DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.**

Jack McCormac  
Edit. Alfa omega

### **DISEÑO PRÁCTICO DE ESTRUCTURAS DE ACERO.**

Rodríguez Peña, Delfino  
Edit. Limusa

### **DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA.**

Joseph Edward Shigley, Charles R. Mischke  
McGraw-Hill/Interamericana,

### **FUNDAMENTOS DE DISEÑO PARA INGENIERIA MECANICA.**

Robert C. Juvinall  
México: Limusa, 1991

### **DISEÑO DE MAQUINAS: Teoría y práctica**

Aaron D. Deutschman, Walter J. Michels, Charles E. Wilson  
México: Compañía Editorial Continental, 1989

### **LAS SOLDADURAS TECNICAS - CONTROL**

D. Sférian,  
Edit. Urmo, España (1981)

### **TRATAMIENTO TERMICO DE LOS METALES.**

Yu. Lajtín y B. Arzamásov,  
Editorial MIR, Moscú. (1985).

### **DISEÑO BASICO DE ESTRUCTURAS DE ACERO.**

Johnston, Bruce  
Edit. Prentice Hall

PROCESOS DE MANUFACTURA, VERSIÓN SI.  
B. H. Amstead, P Ostwald y M. Begeman.  
Compañía Editorial Continental

PROCESOS BÁSICOS DE MANUFACTURA.  
H. C. Kazanas, genn E. Backer, Thomas Gregor  
Mc Graw Hill

[www.infra.com.mx](http://www.infra.com.mx)

A CONTINUACIÓN SE DA LA TABLA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACERO Y EL CONTENIDO APROXIMADO DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN.

Núm. AISI

10XX – ACEROS AL CARBONO

11XX – ACEROS AL CARBONO - RESULFURIZADOS

12XX – ACEROS AL CARBONO - RESULFURIZADOS Y REFOSFORADOS

13XX – MANGANESO 1.75

23XX – NÍQUEL 3.5

25XX – NÍQUEL 5.0

31XX – NÍQUEL 1.25 Y CROMO 0.6

33XX – NÍQUEL 3.5 Y CROMO 1.5

40XX – MOLIBDENO 0.2 EO 0.25

41XX – CROMO 0.5, 0.8, 0.95 Y MOLIBDENO 0.12, 0.20, 0.30

43XX – NÍQUEL 1.83, CROMO 0.50, 0.80 Y MOLIBDENO 0.25

44XX – MOLIBDENO 0.53

46XX – NÍQUEL 0.85, 1.83 Y MOLIBDENO 0.20, 0.25

47XX – NÍQUEL 1.05, CROMO 0.45, MOLIBDENO 0.20, 0.35

48XX – NÍQUEL 3.5 Y MOLIBDENO 0.25

50XX – CROMO 0.4

51XX – CROMO 0.8, 0.88, 0.93, 0.95, 1.0

61XX – CROMO 0.6, 0.95 Y VANADIO 0.13, 0.15

86XX – NÍQUEL 0.55, CROMO 0.5, MOLIBDENO 0.20

87XX – NÍQUEL 0.55, CROMO 0.5, MOLIBDENO 0.25

88XX – NÍQUEL 0.55, CROMO 0.5, MOLIBDENO 0.35

92XX – SILICIO 2.0

93XX – NÍQUEL 3.25, CROMO 1.2, MOLIBDENO 0.12

98XX – NÍQUEL 1.0, CROMO 0.8, MOLIBDENO 0.25