

CURSO DE SOLDADOR TIG/MIG AWS- ASTM



OTEC ELYON
BECAS CHILE



MÓDULO 3: SOLDADURA ELÉCTRICA
DE ARCO SUMERGIDO Y
SOLDADURA A GAS

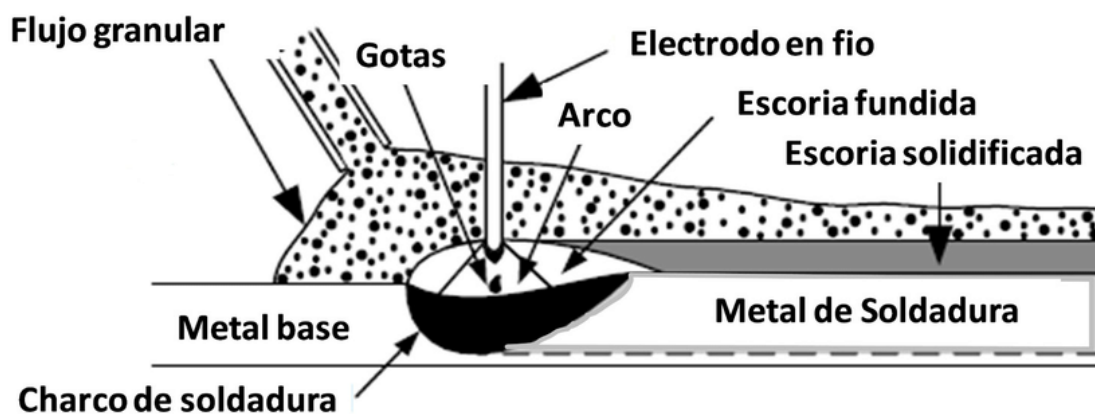
3.1 Soldadura Eléctrica de Arco Sumergido

En la soldadura eléctrica de arco sumergido la unión de las piezas se produce por el calentamiento originado por un arco eléctrico entre el electrodo de metal desnudo y las piezas a soldar. El área de soldadura se protege por una capa de material granulado fundible, que la cubre totalmente. No se usa presión y el metal de aporte se obtiene del propio electrodo o por una varilla suplementaria. El material fundible, de protección, es conocido como **“Fundente”**, aunque desempeña funciones adicionales a las de fundir.

En la soldadura de arco sumergido no hay evidencia visible del paso de corriente entre el electrodo y las piezas que se sueldan. El electrodo, no está en contacto con las piezas, la corriente pasa a través de los minerales de que se compone el fundente. Es un producto especialmente fabricado, que aún cuando se lleva a altas temperaturas en la zona de soldadura, no emana cantidad apreciable de gas. Este material, se aplica manual o automáticamente a lo largo de la separación de las uniones a soldar.

Tanto la punta del electrodo como el baño de soldadura quedan completamente cubiertos del material fundente durante la operación eliminándose chispas, salpicaduras, humo y llamas. No se necesita careta de protección, máscara ni sistema de ventilación, con excepción de anteojos de seguridad para protección de los ojos.

El calor producido por este proceso funde el material del fundente alrededor del arco, mientras que la parte superior, visible del fundente, se mantiene inalterable en apariencia y propiedades, pudiéndose usar nuevamente. El fundente, al fusionarse, produce condiciones muy favorables para obtener altas intensidades de corriente.



Las cualidades de aislamiento del fundente permiten concentrar el calor intenso en una zona de soldadura relativamente pequeña, en donde se fusionan rápidamente el electrodo y las piezas. Es posible hacer soldaduras a altas velocidades, obteniéndose gran penetración debido al calor concentrado, pudiendo hacer soldaduras en ranuras relativamente pequeñas con poca cantidad de metal de aportación.

Este proceso es adaptable a una gran variedad de materiales y aplicaciones, tanto en trabajos de producción como de reparación y es útil en trabajos tales como la reconstrucción de superficies gastadas y separación de acero fundido. Pueden hacerse soldaduras de uno o dos pases en cualquier grueso de aceros desde el calibre 16 hasta 3" o más, a velocidades entre 3 y 80 pulgadas por minuto.

Gran variedad de industrias usan este proceso, tales como los fabricantes de calderas, carros y tanques de ferrocarril, barcos, hornos rotativos, estructura de maquinaria pesada, etc.

3.2 Varios

→Cálculo de Consumo de Electrodo

Las tablas que se indican a continuación proporcionan el peso aproximado de los diferentes tipos de electrodos requeridos para soldar los tipos de uniones más usados.

Cuando haya diferencia en las condiciones dadas o preparación de las uniones, deberán ajustarse los valores tabulados para compensar tales diferencias

✓ Bases de Cálculo:

Las cantidades de electrodos que aparecen en las tablas se han calculado como sigue:

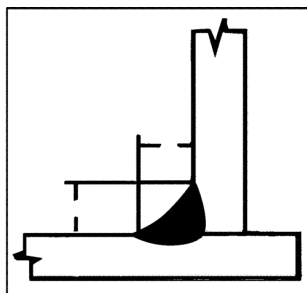
$$P = \frac{S}{1 - L}$$

P - Peso de electrodo requerido
L - Pérdidas totales del electrodo
S - Peso de acero depositado

Para obtener el peso del acero depositado, es necesario calcular primero el volumen del metal depositado (sección del bisel multiplicado por el largo) y

transformarlo en peso por medio del factor 0.283 libras por pulgada cúbica para acero.

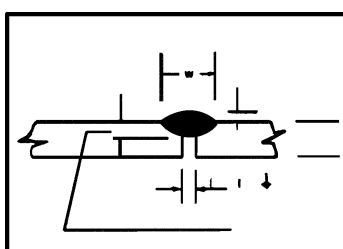
Cuando se consideran soldaduras con refuerzos deberá agregarse un porcentaje al valor de soldadura sin refuerzo.



→ **Soldadura de Filete Horizontal**

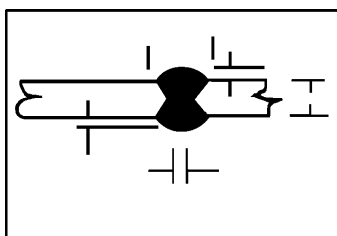
Tamaño del Filete(En Pulgadas)	Kilos de electrodos Soldaduras* (Aprox.)Por metro lineal	Kilos de Acero depositados por metro lineal
1/8	0.071	0.040
3/16	0.168	0.094
5/16	0.441	0.247
3/8	0.633	0.355
1/2	1.128	0.632
5/8	1.760	0.986
3/4	2.537	1.421
1	4.510	2.526
1.1/4	7.071	3.960

* Incluye colilla y pérdida por salpicaduras



→ **Uniones de Tope Sin Bisel Soldaduras a un Solo Lado**

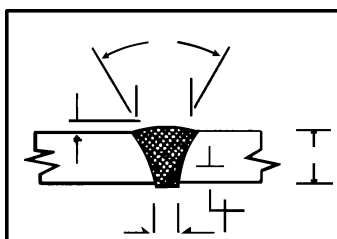
DIMENSIONES DE LA UNION (En Pulgadas)			KILOS DE ELECTROS POR METRO LINEAL DESOLDADURA * (Aprox.)		KILOS de ACERO DEPOSITADOS POR METRO LINEAL	
t	W	s	Sin Refuerzo*	Con Refuerzo	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **
3/16	3/8	0		0,240		0,131
		1/16	0,060	2,298	0,029	0,162
1/4	7/16	1/16	0,075	0,343	0,042	0,192
		3/32	0,104	0,387	0,058	0,213
5/16	1/2	1/16	0,089	0,402	0,049	0,228
		3/32	0,133	0,447	0,074	0,253



→ Soldados por los Dos Lados

Si el cordón de raíz fuera torchado agregar 0,032 Kgs. el acero depositado (equivalente aproximadamente a 0,059 Kgs. de electrodos)

DIMENSIONES DE LA UNION (En Pulgadas)			KILOS DE ELECTRODOS POR METRO LINEAL DE SOLDADURA * (Aprox.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADO POR METRO LINEAL	
t	W	s	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **
1/4	1/4	0		0,313		0,177
		1/32	0,044	0,354	0,019	0,197
3/16	3/8	1/32	0,059	0,536	0,029	0,296
		1/16	0,104	0,581	0,059	0,324
1/4	1/4	1/16	0,149	0,700	0,079	0,388
			0,208	0,789	0,119	0,429



→ Soldadura de Tope con Bisel en "V"

DIMENSIONES DE LA UNION (En Pulgadas)			KILOS DE ELECTRODOS POR METRO LINEAL DE SOLDADURA (Aprox.)		KILOS DE ACERO DEPOSITADOS POR METRO LINEAL	
t	W	s	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **	Sin Refuerzo	Con Refuerzo **
1/4	0,207	1/16	0,224	0,373	0,126	0,213
5/16	0,311	3/32	0,462	0,685	0,285	0,384
3/8	0,414	1/8	0,745	1,040	0,420	0,587
1/2	0,558	1/8	1,129	1,714	0,728	0,955
5/8	0,702	1/8	2,011	2,500	1,122	1,403
7/8	0,847	1/8	2,890	3,501	1,600	1,966
1	1,138	1/8	5,141	5,960	2,876	3,376

*Incluyen colillas y pérdidas por salpicaduras

** R = Altura del refuerzo

3.3 Fuentes de Poder

→ Fuentes de Poder

La energía eléctrica para los procesos de soldadura al arco es proporcionada por una **fente de poder**. En el caso particular de la soldadura con electrodo manual, Fuente de Poder y Máquina soldadora representan lo mismo, mientras que en otros procesos, especialmente automáticos (Arco Sumergido, soldadura TIG, etc.), la “Máquina Soldadora” comprende otros elementos además de la Fuente de Poder.

Las fuentes de Poder pueden clasificarse de distintas maneras, de acuerdo a las características tenemos:

1. Máquinas con características Volt-Ampere descendente (Amperajes constantes).
2. Máquinas tipo voltaje constante

Las máquinas con características descendentes tienen corrientes de cortocircuito sólo fraccionalmente superiores a las del trabajo. Este tipo es universalmente usado en soldadura de electrodo manual.

Las fuentes de poder de tipo voltaje constante tienen corrientes de cortocircuito muchas veces superiores a sus corrientes nominales y son típicamente usadas en procesos automáticos.

De acuerdo con el “Tipo de Corriente” que entregan, las fuentes de poder pueden clasificarse en:

1. Corriente Alterna (AC)
2. Corriente Directa (DC)

Cada una de estas Clasificaciones individualiza un tipo determinado de máquina.

De acuerdo al tipo de “Control de Corriente” tenemos:

1. **Control Mecánico:**
 - a) Clavijera (Control por etapas)
 - b) Bobina Móvil (Control Infinito)
2. **Control Eléctrico:**
 - a) Ractor saturable (Amplificador magnético)

En general las fuentes de poder AC tienen control mecánico y las DC control eléctrico.

Además podemos decir que las máquinas AC son monofásicas o bifásicas, mientras que las DC son trifásicas.

3.4 Interpretación de las Especificaciones de las Máquinas Soldadoras

Desde el punto de vista de su capacidad de soldadura, lo más importantes es la corriente secundaria referida al **CICLO DE TRABAJO**, por ejemplo, 400 Amp. 36 Voltios, 60% ciclo de trabajo.

Es bien sabido que en soldadura con electrodo manual la fuente de poder no trabaja en forma continua. Ciclo de trabajo es el porcentaje de un período arbitrario de **10 MINUTOS** en que la fuente de poder entrega la corriente nominal (norma americana N.E.M.A.). En el caso anterior, eso significa que esa fuente de poder puede funcionar soldando 6 minutos de cada 10, entregando 400 Amp., los otros cuatro minutos ella está simplemente conectada. El fabricante garantiza que con ese servicio ninguna temperatura excederá los valores fijados por las normas N.E.M.A., para los distintos componentes de la máquina, y que por lo tanto la vida de ellos será casi ilimitada. Es importante notar que el ciclo de trabajo se refiere a períodos de 10 minutos y que el uso de otros períodos daría diferentes resultados.

Asimismo, la corriente secundaria debe ser medida con una tensión determinada por medio de una escala ascendente: 200 Amperios, 28 voltios, 300 Amperios, 32 Voltios, 400 Amperios, 36 voltios, etc.

Otra característica importante de una fuente de poder en su voltaje en vacío. Es conocido que para soldar determinados tipos de electrodo se requiere mayores voltajes en vacío, sin embargo, éste no puede aumentarse arbitrariamente por razones de seguridad. Se ha fijado como tope máximo 80 voltios para electrodo manual (Normas N.E.M.A.) Valores superiores no sólo infringen normas sino que son peligrosos para el operario.

Los materiales empleados en las fuentes de poder determinan en buena parte su calidad y vida útil. Los conductores suelen ser de Cobre o Aluminio, deben ser de secciones y tipos adecuados para transformadores y las bobinas barnizadas por inmersión y secadas al horno. Los elementos

auxiliares como interruptores, conectores, terminales etc., deben estar dimensionados para amperaje nominales.

En cuanto a la caja, ésta debe ser de resistencia suficiente para el trabajo en talleres y terreno, y de diseño tal que la fuente de poder ocupe el mínimo espacio posible y tenga movilidad adecuada si ésta es necesaria.

→ **Recomendaciones para Almacenar Electrodo**

Todos los tipos de electrodos son afectados por la humedad, en algunos casos (E6010 - 6011 - 6012, etc.), la absorción de humedad produce sólo cambios en las características de soldabilidad (Estabilidad de Arco) y apariencia del recubrimiento; en otros, como los electrodos de bajo contenido de Hidrógeno, además de los cambios antes mencionados, se producen pérdidas en las características mecánicas del metal depositado y pueden presentar porosidades u otros defectos que los dejen fuera de la aprobación de las normas de inspección, ya sean éstas visuales, mecánicas o radiográficas.

En todos aquellos casos en que los depósitos sean sometidos a una inspección radiográfica, se considera que un electrodo corriente (E6010 - 6011, etc.) está húmedo cuando haya sido expuesto a una humedad relativa ambiente superior al 70% durante 24 horas.

En los electrodos de bajo contenido de Hidrógeno esas condiciones se reducen a 3 ó 4 horas.

Antes de reacondicionar electrodos húmedos, éstos deberán mantenerse a 800C durante una hora, a fin de evitar rajamiento en los revestimientos debido a cambios súbitos de temperatura.

Para aquellos casos en que los humedecimientos sean excesivos se deberá efectuar el reacondicionamiento y luego será conveniente someter los electrodos a pruebas de soldabilidad y pruebas mecánica, a fin de comprobar los resultados obtenidos.

TABLA Nº 7. CONDICIONES GENERALES DE ALMACENAMIENTO Y REACONDICIONAMIENTO PARA ELECTRODOS DE ACERO DULCE RECUBIERTOS

Tipo A W S	Almacenamiento		Reacondicionamiento(2)
	Normal	Con calefacción(1)	
E6010	30 OC + 10 OC	Consultar al	Consultar al
E6011	Humedad Rel. 50 % Max.	Fabricante	Fabricante
E6012, E6013	30 OC + 10 OC	20 a 30	125 OC +10 OC
E6020, E6027 E7014, E7024	Humedad Rel. 50 % Max.	sobre Temp. Ambiente	por 1 hora
E7018	30 OC + 10 OC	30 a 130 OC	400 OC + 30 OC
E7028	Humedad Rel. 50 % Max.	Sobre Temp. Ambiente	por 1 hora
E7015	30 OC + 10 OC	30 a 140 OC	400 OC + 30 OC
E7016	Humedad Rel. 50 % Max.	Sobre Temp. Ambiente	por 1 hora

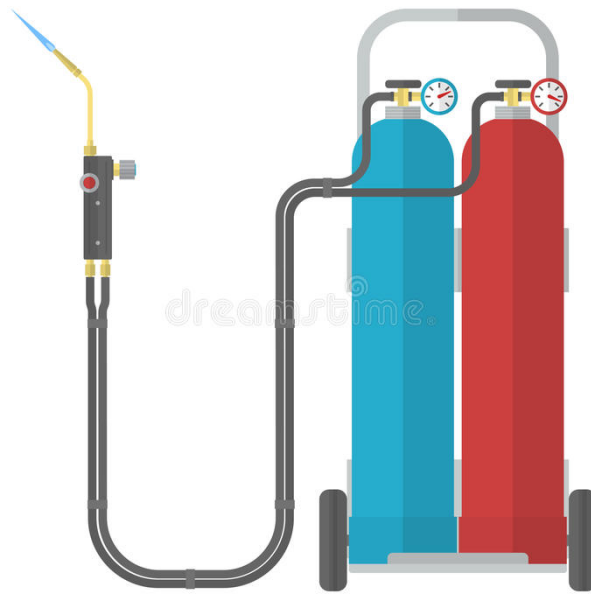
(1) Necesaria cuando la humedad Relativa Ambiente sea superior a 50%

(2) Por diferencias en la manufactura, se deberá consultar al fabricante de electrodos para conocer las normas exactas de Reacondicionamiento.

NOTA: ELECTRODOS DE BAJO CONTENIDO DE HIDROGENO.

- Si éstos electrodos se han humedecido y están en posibilidad de ser reacondicionados, deberán mantenerse por una hora a 800 C antes de llevarse a la temperatura de Reacondicionamiento. En caso que el humedecimiento sea excesivo, los electrodos no deberán ser reacondicionados.

3.5 Soldadura a Gas (Oxiacetileno)



→ Descripción del Proceso

El proceso de soldadura oxigas mostrado en la figura, consiste en una llama dirigida por un soplete, obtenida por medio de la combustión de los gases oxígeno-acetileno. El intenso calor de la llama funde la superficie del metal base para formar una poza fundida.

Con este proceso se puede soldar con o sin material de aporte. El metal de aporte es agregado para cubrir biseles y orificios.

A medida que la llama se mueve a lo largo de la unión, el metal base, y el metal de aporte se solidifican para producir el cordón.

Al soldar cualquier metal se debe escoger el metal de aporte adecuado, que normalmente posee elementos desoxidantes para producir soldaduras de buena calidad. En algunos casos se requiere el uso de fundente para soldar ciertos tipos de metales.



→Ventajas y Aplicaciones del Proceso

El proceso oxigas posee las siguientes ventajas: el equipo es portátil, económico y puede ser utilizado en toda posición.

El proceso oxigas es normalmente usado para soldar metales de hasta 1/4" de espesor. Se puede utilizar también para soldar metales de mayor espesor, pero ello no es recomendable.

Su mayor aplicación en la industrias se encuentra en el campo de mantención, reparación, soldadura de cañerías de diámetro pequeño y manufacturas livianas. También puede ser usado como fuente de energía calorífica para calentar, doblar, forjar, endurecer, etc.

→Procedimientos Básicos de Soldadura

• Ajuste de Llama

En soldadura oxiacetilénica se utiliza una llama neutra (3.1600 C), o sea, se suministra suficiente oxígeno para realizar la combustión de todo el acetileno presente. Aunque esta situación corresponde a una relación teórica oxígeno/acetileno de 2,5:1, en la práctica parte de la combustión se realiza con oxígeno del aire de modo que:

Se consume iguales cantidades de oxígeno y acetileno (relación 1:1)

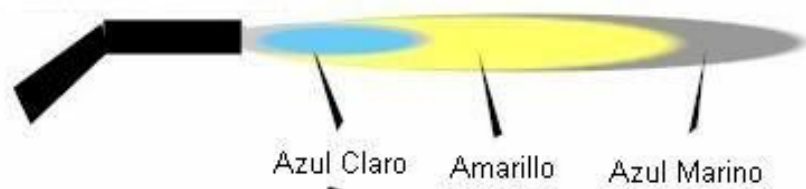
Se produce un efecto de auto-protección, que minimiza la oxidación del metal base.

La llama carburante con excesos de acetileno se reconoce por una zona intermedia reductora que aparece entre el dardo y el penacho: se utiliza sólo en casos especiales.

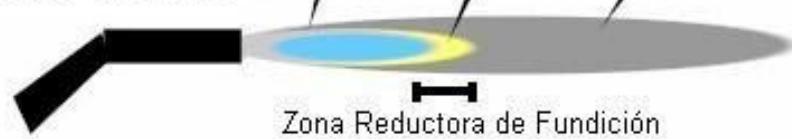
La llama oxidante, con exceso de oxígeno se reconoce por su dardo y penacho más cortos y sonido más agudo.



Llama Carburante



Llama Neutral



Llama Oxidante



- **Selección de la Boquilla**

En la selección de la boquilla influyen los siguientes factores:

1. Tipo de material a soldar
2. Espesor del material
3. Tipo de unión (tope, filete, biselada, etc.)
4. Posición en que se soldará
5. Habilidad del operador

Como norma de seguridad siempre debe utilizarse la boquilla a la presión recomendada por el fabricante.



→ Métodos de Soldadura a Gas

1. Soldadura a Gas en Acero (Gas Welding)

Método para unir piezas de acero calentando las superficies a punto de fusión con una llama de oxiacetileno, permitiendo que ambas partes se fundan. Metal de aporte o relleno se requiere para piezas con un espesor de 3/16" o más y la soldadura resultante es tan fuerte como el metal original.

2. Soldadura Fuerte (Braze Welding o Brazing)

Defiere de la soldadura de acero en que las piezas de metal no se funden juntas. La varilla de aporte se derrite a una temperatura inferior al punto de fusión del metal de las piezas a soldar. La resistencia de la unión proviene de la capa de metal de aporte superpuestas en las piezas. Este es el mejor método para unir metales distintos y hacer reparaciones en hierro fundido.

La Soldadura Fuerte, puede ser de dos tipos:

a) Soldadura Fuerte con Varilla de Latón

Se usa cuando la juntura no es bien ajustada o las piezas a unir son de espesor grande, en los que no se necesita mucha penetración o se requiere material de relleno.

Las piezas a unir deben limpiarse previamente, luego se les aplica la llama hasta que adquieren un color rojo opaco. Ambas deben ser calentadas a la misma temperatura, de lo contrario el metal de la varilla de aporte fluiría hacia la pieza más caliente. La varilla se calienta colocándola bajo la llama por un instante, luego se hunde en la lata del fundente; el calor hace que este se adhiera a la varilla. Si la varilla viene previamente revestida se elimina este paso.

Una vez cubierta la varilla con fundente y llevadas las piezas a la temperatura correcta, toque la unión con la varilla y ponga la llama en ella. La varilla se derrite y el metal fluye encima del área calentada ligando a los metales. Usar abundante fundente, de lo contrario costará que el metal de la varilla se adhiera al metal de las piezas a unir.



b) Soldadura Fuerte con Varilla de Plata

La plata funde a una temperatura menor que el latón y fluye mucho mejor. Se utiliza en uniones de caras ajustadas y para sellar uniones roscadas.

El fundente se aplica en la unión y no en la varilla.



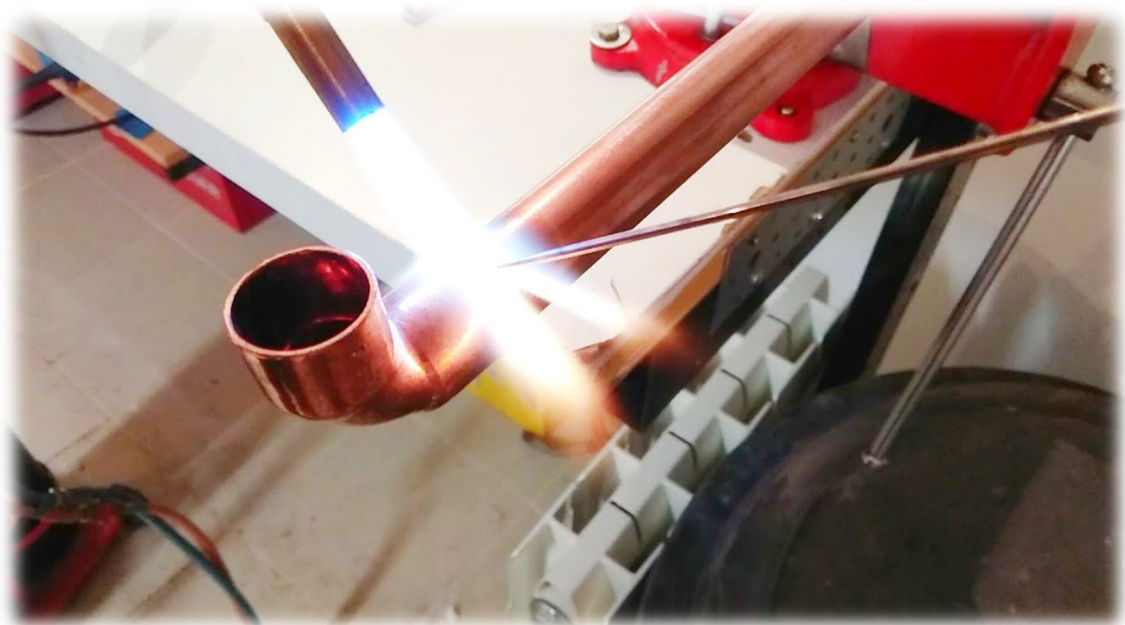
Aplicar la llama a la unión, cuando el fundente burbujee, los metales están a la temperatura correcta para aplicar la plata. La plata se derrite a medida que toca la unión y fluye libremente en el área cubierta con el fundente.

La pieza debe limpiarse bien antes de ser soldada. El aceite, la grasa, óxido, etc., afectan la calidad de la soldadura y su resistencia a la tensión.

La tabla de picos de soldar muestra los tamaños apropiados de picos y las presiones de oxígeno y acetileno relacionadas con el tamaño del material a soldarse.

Si se usa un pico demasiado grande, y la llama suavizada, el pico se recalienta innecesariamente y a veces va acompañado de un ruido de estallido que salpica el charco de la soldadura.

Una llama demasiado caliente quema el acero, y una llama demasiado pequeña no es suficientemente grande para hacer el trabajo.



**TABLA Nº 8. SELECCIÓN DEL PICO PARA SOLDAR CON
OXIACETILENO**

Espesor del Metal		Tamaño del *	Tamaño de la Varilla*		Presión del Oxígeno Lbs/Pulg.2 (P. S.I.)	Presión del Acetileno Lb/Pulg.2 (P.S:I.)
Pulg.	mm.	Pico HARRIS	Pul.	mm.		
3/64	1,2	2	1/16	1,6	2	2
1/16	1,6	3	1/16	1,6	3	3
3/32	2,4	4	3/32	2,4	4	4
1/8	3,2	5	1/8	3.2	5	5
3/16	4,8	6	5/32	4.0	6	6
1/4 - 3/8	6,3 - 9,5	7 - 9	3/16 - 1/4	4,8 - 6,3	7 -8	7 -9

* Los tamaños del pico y de la varilla soldadora pueden variar de acuerdo con la preferencia del operador. Esta tabla debe como guía o referencia.

**TABLA Nº 9 SELECCIÓN DEL PICO PARA CORTAR CON
OXIACETILENO**

Espesor del Metal Pulg.		Tamaño del Pico HARRIS	Presión del Oxígeno PSI		Presión del Acetileno PSI	
Hasta	3/16	000	15	- 30		
3/16 -	3/8	00	20	- 30	5	- 15
3/8 -	5/8	0	30	- 40	5	- 15
5/8 -	1	1	35	- 50	5	- 15
1 -	2	2	40	- 50	5	- 15
2 -	3	3	45	- 60	5	- 15
3 -	6	4	50	- 75	5	- 15
					5	- 15

3.6 Normas de Seguridad

→ Normas de Seguridad en el Manejo, Almacenamiento y Uso de Gases y Cilindros de Gases Comprimidos

- **Normas de Limpieza**

- ✓ No permita el contacto del cilindro con aceites, grasas u otras sustancias combustibles, para evitar mezclas que puedan producir peligrosas explosiones
- ✓ No lubrique las válvulas de los cilindros, reguladores y manómetros con aceite u otras sustancias combustibles.
- ✓ No repinte el cilindro ni pinte marcas en ellos.

- **Normas de Transporte**

- ✓ Los cilindros deben ser transportados y almacenados con la tapadera protectora.
- ✓ Utilice carretilla para transportar los cilindros.
- ✓ Los cilindros de acetileno deben ser transportados y almacenados en posición vertical.
- ✓ No transporte cilindros dentro de la cabina del vehículo, si por emergencia tiene que hacerlo, hágalo con las ventanas abiertas y **NO FUME.**
- ✓ No suspenda los cilindros colgándolos de la tapa protectora.

- **Normas en el Uso**

- ✓ Para conectar el regulador u otro accesorio, utilice llaves fijas de la medida exacta no utilice llaves regulables que puedan resbalar y provocar chispas.
- ✓ Retorne los cilindros vacíos con 25 PSIG de presión para evitar contaminaciones.

- ✓ No apriete con excesiva fuerza las conexiones de los cilindros, el bronce es blando y se ajusta con mucha facilidad.
- ✓ No fume ni provoque chispas donde se esta usando oxígeno o cualquier gas inflamable, como el acetileno.

- **Normas de Almacenamiento**

- ✓ Nunca deje los cilindros bajo el sol a la intemperie, estos deben ser almacenados en un lugar fresco, seco y bien ventilado.
- ✓ No almacene los cilindros en sitios donde puedan convertirse en parte de un circuito eléctrico.
- ✓ Asegure los cilindros a una estructura sólida para evitar que se caigan.
- ✓ No almacene cilindros de oxígeno junto a otros cilindros que contenga gases combustibles (por ejemplo, propano, Acetileno).

- **Normas Generales**

- ✓ Para detectar fugas de gas, utilice soluciones como agua jabonosa, nunca pruebe fugas acercando una llama.
- ✓ No sopletee piezas con oxígeno, no es sustituto del aire.
- ✓ Cada cilindro está diseñado para un gas específico, no haga trasiegos de un cilindro a otro.