



SOLDADURA

SOLDADURA

Se entiende por SOLDADURA de los metales el procedimiento de unión permanente ejecutado ya sea por medios térmicos exclusivamente o por procedimientos térmicos y presión conjuntamente.

La soldadura por medios térmicos exclusivamente puede efectuarse adicionando o no, otro material, denominado material de aporte, que ofrezca cualidades similares a los metales a soldar en su estado de fusión.

La soldadura a presión somete las piezas a unir a un calentamiento local, apretándolas íntimamente entre sí para consumar su unión, sin aporte de otro metal, cuando llegaron a su temperatura de deformación. Los procedimientos usados en las diversas operaciones de soldadura difieren esencialmente por la clase de fuente de energía que se utiliza.

SOLDADURAS POR FUSIÓN

SOLDADURA AUTÓGENA

Este tipo de soldadura, utiliza el calor de una llama obtenida por la unión de un gas con el oxígeno. Este proceso se denomina combustión; al gas utilizado se lo llama combustible y al oxígeno comburente. La más usada es la que se conoce con el nombre de «Soldadura oxiacetilénica»; ya que utiliza oxígeno como comburente y acetileno como combustible. De este tipo nos ocuparemos de aquí en adelante; veremos como se obtiene industrialmente el acetileno; como se envasa, sus posibilidades y los elementos necesarios para su uso.

COMPONENTES DE LA SOLDADURA OXIACETILÉNICA

Oxígeno: Es el cuerpo simple más abundante en la naturaleza; en la tierra: 47%, en el mar: 86%, en la atmósfera: 21%. Es un gas incoloro; inodoro e insípido. Se combina con casi todos los cuerpos simples; produciendo luz y calor. El oxígeno se halla unido con otros gases de los cuales es necesario separarlo. Para separarlo se puede utilizar el método denominado del «aire líquido». Dicho método consiste en licuar el aire atmosférico; obteniendo una mezcla líquida de oxígeno y nitrógeno.

De esta mezcla se separa el nitrógeno, haciéndola hervir, luego, continuando el calentamiento de la mezcla se logra la evaporación del oxígeno, que se recoge y se pasa a los cilindros para ser usado en forma industrial.

Se almacena y se transporta en cilindros o tubos de acero. El oxígeno es el que alimenta la llama de la «soldadura oxiacetilénica» para la cual es el comburente. La **figura 1** muestra una instalación para la producción industrial de oxígeno.

El aire atmosférico que contiene 21% de oxígeno y 78% de nitrógeno es aspirado del ambiente y comprimido. Al atravesar el carbonato de sodio, de la columna, es absorbido en anhídrido carbónico (CO₂).

Con la batería de desecación se elimina todo el resto de humedad.

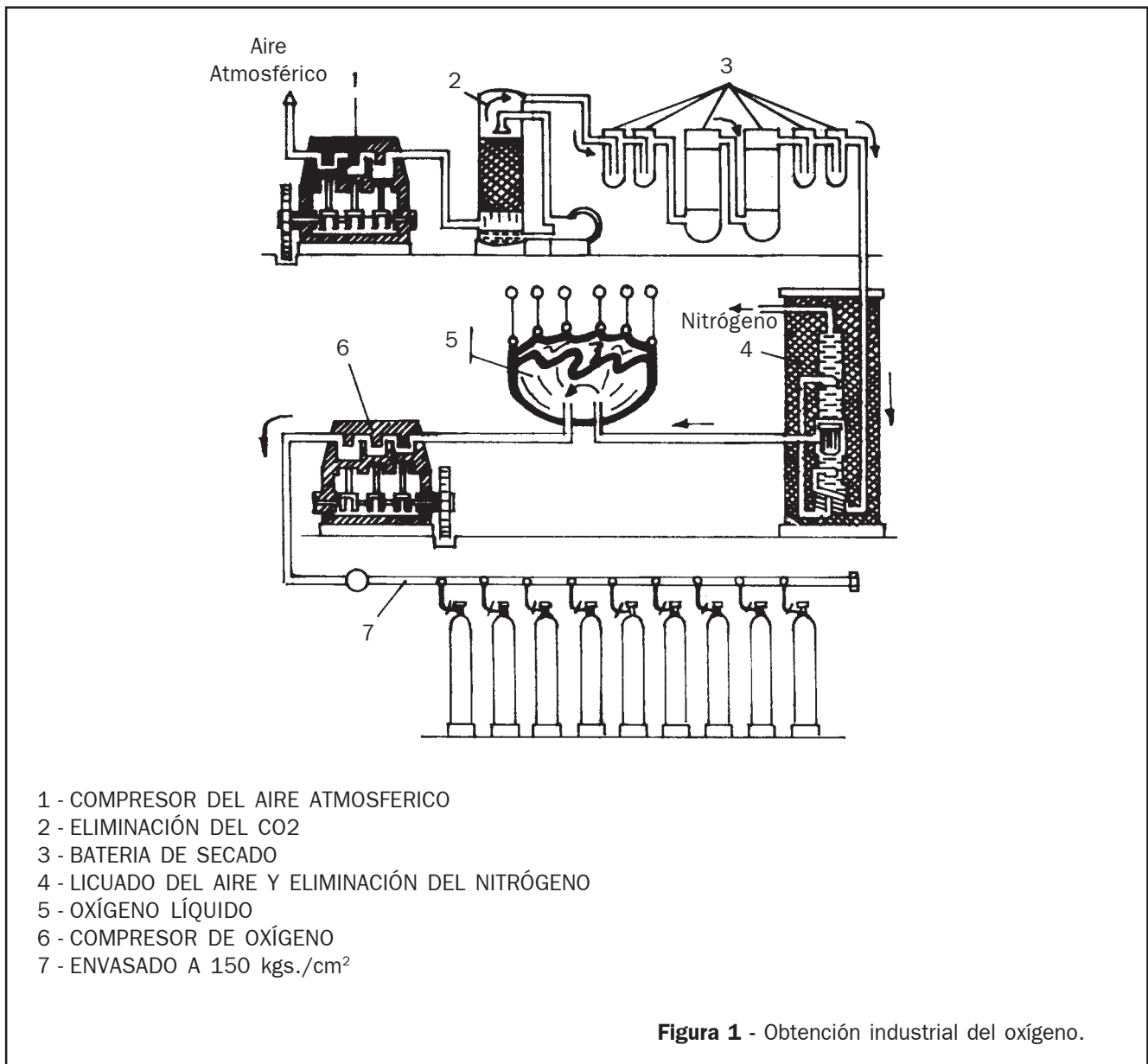
En una columna de expansión y de rectificación, el aire se licúa y el oxígeno es separado del nitrógeno, por lo tanto se puede recoger el oxígeno, en un depósito del cual pasa al compresor que lo introduce en los cilindros a 125-150 Kgs./cm².

Carburo de Calcio (Ca C₂): Contiene 62,5% de calcio y 37,5 de carbono; se obtiene del carbón, molido en seco, y cal en polvo, que se llevan juntos a una temperatura muy alta en hornos eléctricos especiales. Es insoluble en el alcohol; la bencina y otros disolventes; en el agua se descompone en gas acetileno e hidrato de calcio.

Obtención de Acetileno: El «carburo de calcio», puesto en contacto con el agua reacciona formando gas acetileno y un residuo de cal apagada. Este gas es incoloro y posee un olor desagradable semejante a huevos en descomposición; en condiciones especiales de temperatura y de presión se puede descomponer en sus elementos produciendo calor y un aumento instantáneo de la presión.

Para el acetileno la presión alta indica el nivel máximo de seguridad; que haciendo uso de precauciones especiales es de 1,5 Kg/m².

La presión media está comprendida entre 50 y 500 g/cm²; mientras que la baja presión es la inferior a 50 g/cm².



GENERADOR DE ACETILENO (GASÓGENO)

El generador de acetileno combina el carburo de calcio con agua. Un kilogramo de carburo de calcio mezclado con cinco litros de agua, se gasifica produciendo aproximadamente 300 litros de gas acetileno.

GASÓGENO DE CAÍDA DE AGUA

Consta de los siguientes elementos:

- 1) Cargador.
- 2) Pasaje de gas a la cámara.
- 3) Cámara de gas.
- 4) Cámara compensadora.
- 5) Válvulas hidráulicas.
- 6) Válvula reguladora de salida de gas con manómetro.

- 7) Válvula antirretroceso.
- 8) Nivel de agua en el generador.
- 9) Tapones de purga de las válvulas hidráulicas.
- 10) Nivel de agua en las válvulas hidráulicas.
- 11) Manómetro control de presión en la cámara de gas.
- 12) Válvula de seguridad en la cámara de gas y en la válvula hidráulica.
- 13) Válvula reguladora de entrada de agua al cargador.
- 14) Tapón de purga inferior.
- 15) Carga de agua al generador y a las válvulas hidráulicas.
- 16) Vaso comunicante entre válvulas hidráulicas y tanque del generador.

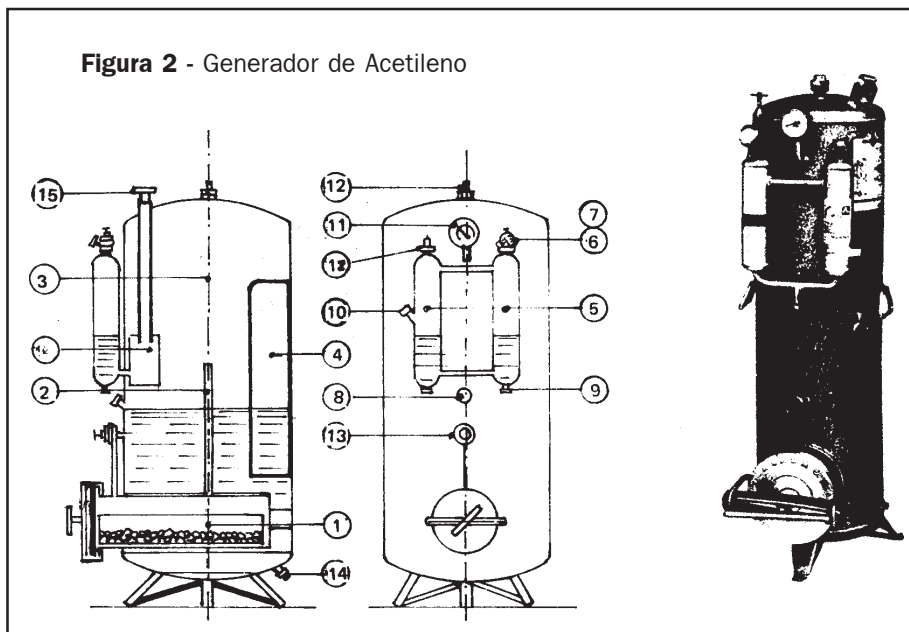
El generador ilustrado en la **figura 2**, funciona bajo el siguiente principio: en el cargador, se coloca el carburo de calcio; al abrir la válvula de entrada de agua (13), ésta va penetrando lentamente y al ponerse en contacto con el carburo, descompone al mismo en gas - acetileno. Dicho gas pasa por un conducto (2) a la cámara del gasógeno, y de allí a través de las válvulas hidráulicas y la válvula reguladora de presión (6) a la manguera de salida que alimenta al soplete.

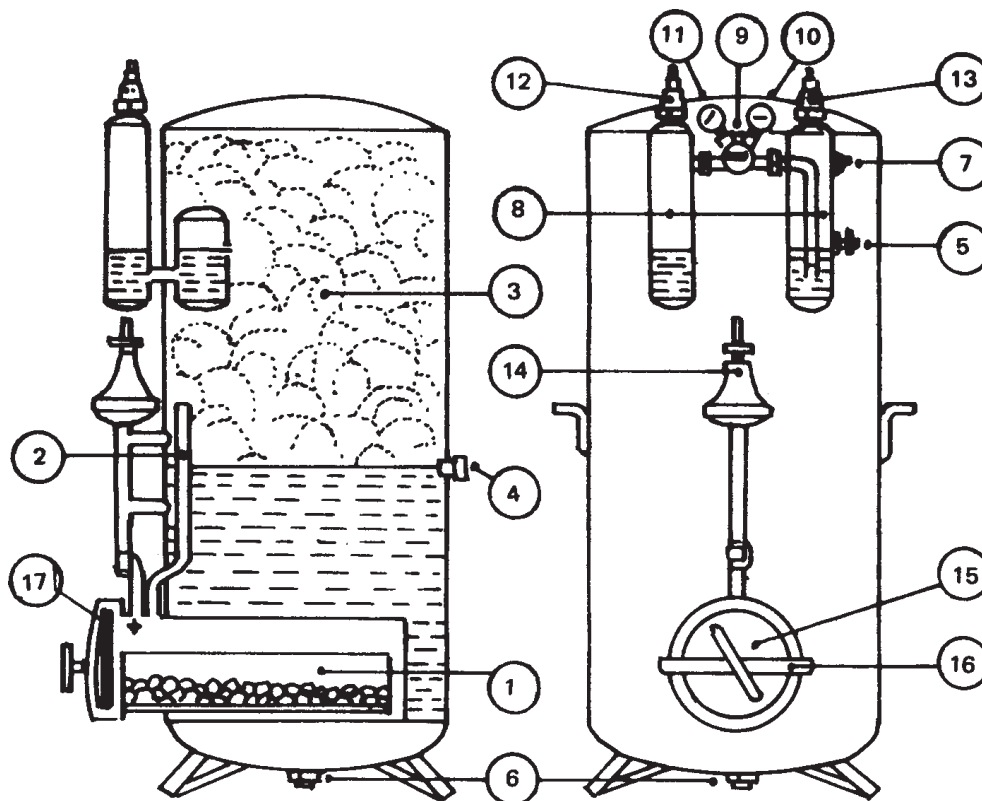
Cuando la presión en la cámara de gas aumenta en forma considerable, el agua depositada en el

tanque es obligada a ascender por la cámara compensadora, dejando descubierta la válvula reguladora de agua, é impidiendo por lo tanto que ésta penetre en el cargador. Las válvulas hidráulicas (5) impiden que un posible retroceso de la llama del soplete, llegue a la cámara de gas del gasógeno, ya que dentro de las válvulas existe un nivel fijo de agua que ahogaría cualquier presencia de llama.

El gasógeno descrito, posee un manómetro que permite constatar permanentemente la presión existente dentro de la cámara de gas y regularla si es necesario por medio de la vál-

Figura 2 - Generador de Acetileno





- 1- Bandeja Porta Carburo
- 2- Pasaje de Gas a la Cámara
- 3- Cámara de Gas
- 4- Nivel de Agua en el Generador
- 5- Nivel de Agua en las Válvulas Hidráulicas
- 6- Tapón de Purga
- 7- Tomagoma de Salida de Gas
- 8- Válvulas Hidráulicas
- 9- Válvula Reductora de Presión
- 10- Manómetro de Baja Presión
- 11- Manómetro de Alta Presión
- 12- Válvula de Seguridad de Alta Presión
- 13- Válvula de Seguridad de Baja Presión
- 14- Válvula Reguladora de Pasaje de Agua
- 15- Tapa del Cargador
- 16- Grampa de ajuste
- 17- Junta de Tapa

Figura 3

vula reguladora de entrada de agua. El equipo viene provisto de una válvula de seguridad, la cual actúa ante una presión que exceda los regímenes normales.

En la **figura 3** se observa otro tipo de Gasógeno cuya diferencia fundamental con el descrito anteriormente, radica en la presencia de una válvula reguladora de pasaje de agua que mantiene una presión de gas acetileno prácticamente constante.

Existen otro tipo de gasógenos provistos de una campana deslizante que hace las veces de cámara de gas. La desventaja principal de este equipo es que el paso de agua se gobierna manualmente, por lo tanto es prácticamente imposible mantener una presión constante.

VÁLVULA HIDRÁULICA DE SEGURIDAD

Para entender el principio de funcionamiento de la válvula hidráulica de seguridad nos guiaremos por la **figura 4**, se observa que el acetileno entra en la válvula por el tubo B. La boca C, es la salida del acetileno hacia el soplete, el grifo D, sirve para la comprobación del nivel del agua, y el tubo A, es la salida de desprendimiento para el caso de una emergencia.

Durante el normal funcionamiento del soplete, **figura 5**, el acetileno que entra por el tubo B, burbuja a través del agua y sale por la boca C.

En el momento en que se produce un retroceso del oxígeno, éste penetra en la válvula por el conducto C, y al haber una sobrepresión, hace descender el nivel del agua hasta llegar a descubrir la parte inferior del tubo A. En este momento, el oxígeno escapa libremente a la atmósfera por el tubo de desprendimiento, **figura 6**. Es obligatorio, que en cada instalación de acetileno por gasógeno, se instale una válvula hidráulica de seguridad por cada soplete a utilizar.

Las explicaciones anteriores permiten señalar conceptos necesarios para interpretar la soldadura

oxiacetilénica, pero es conveniente saber que actualmente no se necesitan tantos elementos para soldar con llama oxiacetilénica; pues el acetileno ya viene en cilindros como veremos más adelante.

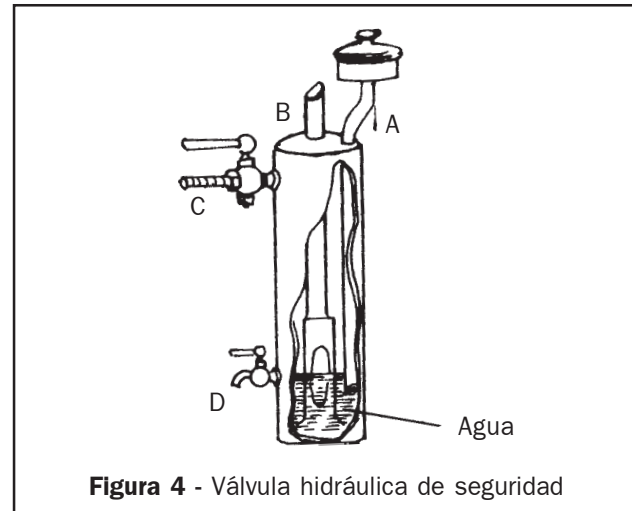


Figura 4 - Válvula hidráulica de seguridad

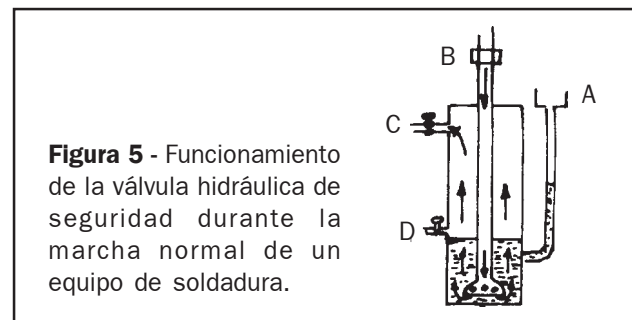


Figura 5 - Funcionamiento de la válvula hidráulica de seguridad durante la marcha normal de un equipo de soldadura.

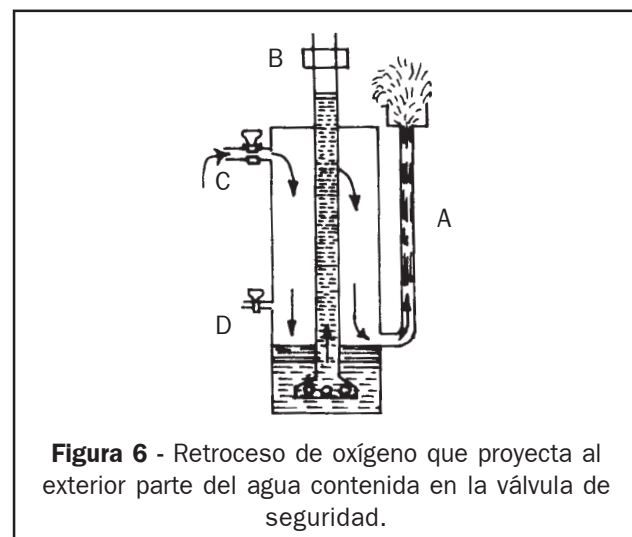


Figura 6 - Retroceso de oxígeno que proyecta al exterior parte del agua contenida en la válvula de seguridad.

ACETILENO DISUELTO

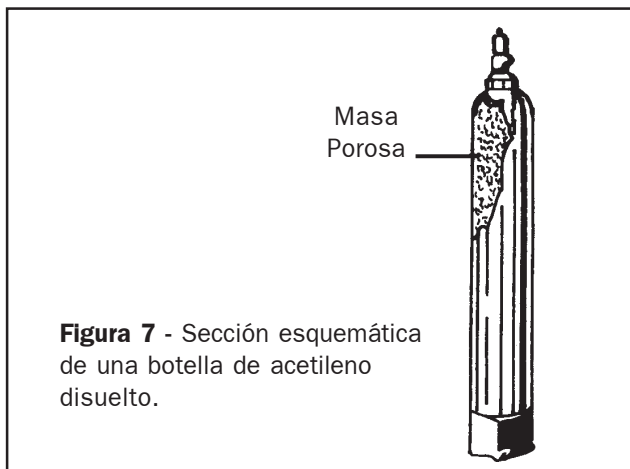
La gran utilidad de la soldadura oxiacetilénica, requiere instalaciones de dimensiones limitadas y de fácil transporte.

Si tendríamos que montar un puesto de soldadura, necesitaríamos mucho lugar, un aprovisionamiento de elementos constante, y un elevado gasto de mantenimiento. Todo ello, se remedia utilizando acetileno disuelto en acetona, que se presenta comprimido en cilindros o tubos de acero. De esta manera, se elimina el gasógeno y todos los inconvenientes que trae el trabajar con el carburo.

Los estudios llevados a cabo han conducido a la conclusión que el acetileno mezclado con acetona no tiene ningún peligro de explosión. Un volumen de acetona a la presión ordinaria desprende 25 volúmenes de acetileno.

Durante el consumo del acetileno se forman sobre la superficie de la acetona espacios voluminosos nocivos que podrían ser causa de explosiones. Para evitarlo, los cilindros además de la acetona, contienen una masa porosa, **figura 7**, compuesta de carbón de leña, corcho y amianto con el fin de fraccionar a pequeños volúmenes (semejantes a las celdillas de la esponja) el espacio interior del tubo.

Almacenado de este modo el acetileno se puede transportar con seguridad y facilidad al lugar de trabajo.



CILINDROS - TUBOS O BOTELLAS

Se utilizan para almacenar y transportar gases. Se fabrican con gruesas paredes de acero, cerradas por abajo y más estrechas en la parte superior donde se halla la válvula de cierre. Dicha válvula es protegida por una tapa roscada. La parte inferior del tubo, posee unas aletas que impiden que éste ruede cuando se encuentra en posición horizontal.

Existen cilindros de diversa capacidad, aunque la más común es de 40 litros, que comprimidos a 150 Kg/cm², representan un volumen de 6.000 litros, o sea 6 metros cúbicos de gas, y cuyo peso es de 8,5 kg. aproximadamente. También vienen cargados a 200 kg/cm².

El peso de las botellas de oxígeno, es del orden de los 75 kg. Estampados en la parte superior del tubo, figuran los siguientes datos:

Nombre del gas que contiene

Capacidad en litros

Fecha de fabricación

Nombre del fabricante

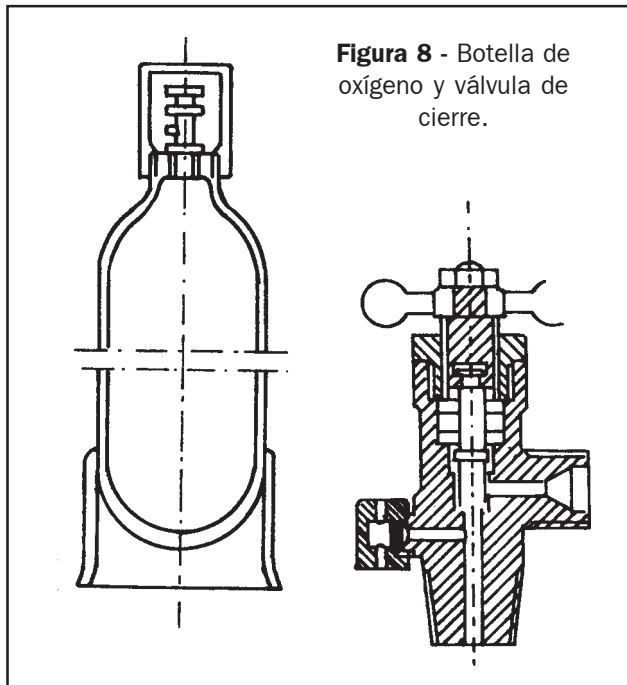
Presión de trabajo

Periódicamente, se les realiza a los tubos la llamada «prueba hidráulica de presión», para constatar el estado de los mismos, por lo tanto cada vez que esta prueba se realiza debe grabarse la fecha en el tubo.

Normalmente para poder distinguir fácilmente los tubos que contienen distintos gases se los pinta de colores normalizados.

En la **figura 8**, se observan cortes de un tubo de oxígeno y su válvula de cierre.

Para calcular la cantidad de oxígeno contenido en un cilindro, bastará multiplicar el número que indica la capacidad efectiva de la misma por la presión que indica el manómetro. Igualmente se procede para saber, la cantidad de gas consumido en la soldadura de una pieza dada, usando como valor de la presión, la diferencia entre la presión inicial y la existente al terminar el trabajo.



Ejemplos: Si tenemos un tubo cuya capacidad es de 25 litros, y el manómetro nos indica una presión de 100 Kg/cm², el volumen de gases dentro del tubo será: $25 \times 100 = 2500$ litros de Oxígeno.

Si con estos datos comenzamos la operación de soldadura, y al finalizarla observamos que la presión dentro del tubo disminuye a 70 kg/cm², el oxígeno consumido será igual a:

$$(100 - 70) \times 25 \Rightarrow 30 \times 25 = 750 \text{ litros}$$

Al volumen resultante es necesario agregarle un diez por ciento lo que resulta:

750
75 (10 % de 750)
825

De lo que deducimos que el volumen de gas consumido es de 825 litros.

MANEJO Y CUIDADO DE LOS TUBOS DE OXÍGENO

Debido a la gran presión que soportan en forma continua los tubos de oxígeno, es necesario observar ciertas precauciones para el manipuleo de los mismos, como ser:

- ♦ Preservarlos del sol y del calor.
- ♦ Evitar los golpes.
- ♦ Utilizarlos en forma vertical asegurándolos mediante cadenas a los muros o con soportes adecuados.
- ♦ No manipularlos con las manos o guantes engrasados.
- ♦ Mientras no se utilicen, o durante su traslado tener colocada la tapa de protección de la válvula de cierre.

CILINDROS DE ACETILENO

Los cilindros de acetileno difieren de los de oxígeno por lo siguiente:

- 1) El acetileno se encuentra en los cilindros diluido en acetona.
- 2) El interior del tubo contiene una masa porosa que evita que el acetileno pueda volverse explosivo.
- 3) La presión dentro del tubo es muy inferior a la del oxígeno (15 kg/cm² aprox.)
- 4) La capacidad de los tubos es menor para el acetileno, ya que dentro de la misma se encuentra la acetona y el material poroso.

La presión del acetileno disuelto está en relación con la temperatura. La siguiente tabla da las presiones correspondientes a las temperaturas, para los cilindros cargados a 15 kg/cm² con 15°C

CURSO DE SOLDADURA

Temperatura en °C	Presión Kg/cm ²	Temperatura en °C	Presión Kg/cm ²	Temperatura en °C	Presión Kg/cm ²
-10	8,5	+5	12,1	+25	18,5
-5	9,6	+10	13,5	+30	20,5
0	10,8	+15	15	+35	22,8
		+20	16,7	+40	25,5

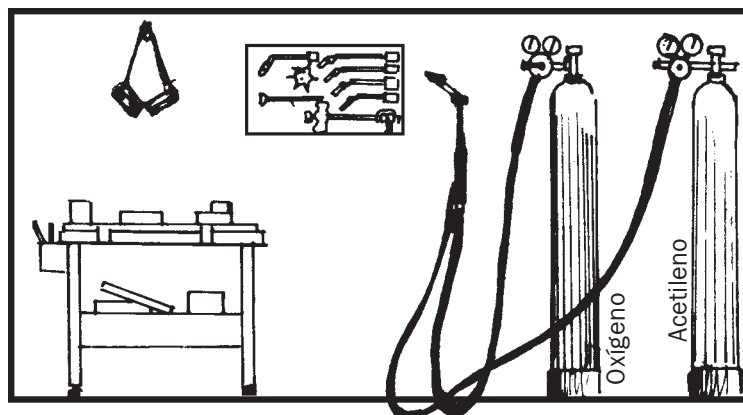
Cálculo del volumen de gas consumido: Para calcular el volumen de gas consumido en una soldadura o en un corte autógeno, es necesario pesar la botella antes y después de su uso. Como el

peso de un litro de acetileno a 15°C y a la presión de 760 mm es de 1,117g., se dividirá la diferencia de pesos hallada por 1,117 y el coeficiente dará el volumen buscado.

La siguiente tabla facilitará el cálculo:

Diferencia de peso hallada en gramos	Cantidad de acetileno en litros	Diferencia de peso hallada en gramos	Cantidad de acetileno en litros	Diferencia de peso hallada en gramos	Cantidad de acetileno en litros
50	45	400	360	750	675
100	90	450	405	800	720
150	135	500	450	850	765
200	180	550	495	900	810
250	225	600	540	950	855
300	270	650	585	1.000	900
350	315	700	630		

Instalación del acetileno disuelto: En la figura 9 se reproduce una instalación de acetileno disuelto. En ella podemos observar el cilindro de acetileno disuelto. El cilindro de oxígeno; ambos con sus respectivos reductores de presión, el soplete de soldadura unido a los reductores por medio de tubos de goma; la masa de soldar con los materiales necesarios.



REDUCTORES DE PRESIÓN

El oxígeno se presenta en el comercio dentro de cilindros de acero a la presión de 125 a 150 atmósferas. Esta presión se ha de reducir a la normal de soldadura, que es de 2 a 5 atmósferas. Es necesario pues intercalar un reductor de presión sensible y robusto. La **figura 10** grafica un reductor de presión y sus partes componentes, y su funcionamiento es el siguiente:

El oxígeno de el cilindro entra en la cámara por la boquilla A, en el cual se halla un empalme para el manómetro AP que indica la presión de la botella. Para que el oxígeno pueda pasar a la cámara de reducción, debe atravesar el obturador C solidario con el platillo D y con los muelles F y B, de los cuales el B asegura el cierre estanco del obturador, a pesar de la alta presión del oxígeno. Accionando el tornillo G, el oxígeno entra en la cámara de reducción O y de ésta pasa al soplete; pero, apenas el gas alcanza en tal cámara una cierta presión, existe una membrana elástica que vence la resistencia del muelle F, por lo cual la leva L, bajo la acción del muelle B, vuelve a cerrar el obturador C y, por lo tanto, la entrada del gas, impidiendo así nuevos aumentos de presión.

Al consumirse el gas en el soplete, disminuirá la presión en la cámara de reducción por lo cual, el

obturador C, bajo la acción del muelle F, a través del platillo antagonista, abrirá nuevamente el paso del oxígeno, reestableciendo el equilibrio.

De acuerdo a lo antedicho, deducimos que los reductores de presión, no solo actúan como tales, sino que también cumplen la función de mantener constante la presión del gas que llega al soplete, logrando así una llama uniforme durante el tiempo que demande la soldadura.

Los reductores de presión, poseen dos manómetros, uno de alta que es el que nos indica la presión del gas existente en el tubo y que actúa al abrir el grifo de la botella, y otro de baja, que indica la presión de salida del reductor hacia la manguera del soplete, pudiéndose variar ésta por medio de una manivela adosada a un tornillo de regulación. (G. de la **figura 10**). Cuando dicho tornillo se encuentra desenroscado por completo, la salida hacia la manguera se encuentra cerrada. Al ir ajustando la manivela comienza a pasar el gas de la cámara de alta a la baja, regulándose a voluntad la presión de salida que se lee en el manómetro de baja.

Para el oxígeno, el manómetro de alta normalmente llega a 300 kg/cm², mientras que el de baja tiene un alcance máximo de 30 kg/cm².

Todos los reductores de presión son equipados con una válvula de seguridad, que actúa ante un exceso de presión en el sistema (VS).

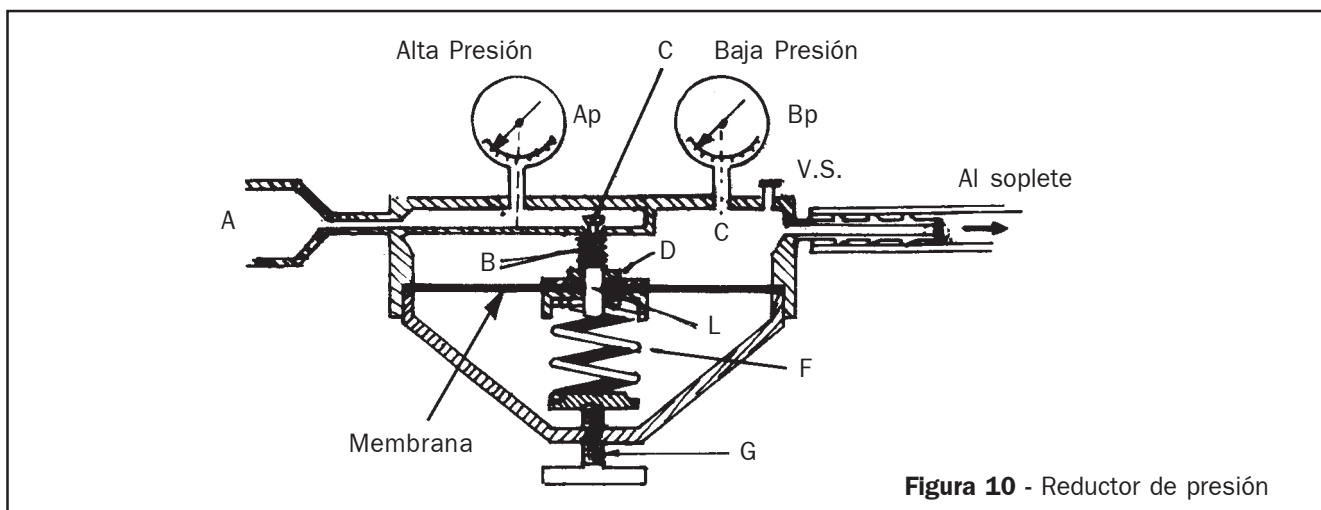


Figura 10 - Reductor de presión

El reductor de presión de oxígeno, se acopla al grifo de la botella por medio de una tuerca con su arandela correspondiente para lograr un cierre perfecto.

El reductor de presión para el acetileno, es de construcción y funcionamiento similar al utilizado para el oxígeno. Los dos manómetros que posee, están graduados de la siguiente forma: el de alta, de 0 a 30kg/cm², y el de baja, de 0 a 5 kg/cm². El tope máximo de presión depende del fabricante de los reductores, ya que existen manómetros de baja para acetileno con alcance de 3 y 4 kg/cm².

Los reductores de presión de acetileno, se acoplan a las botellas por medio de una tuerca como en el caso del oxígeno, o por medio de una brida de diseño especial ajustable desde el extremo opuesto al tubo.

En las **figuras 11 y 12**, podemos apreciar dos modelos de reductores de presión para oxígeno, y en las **figuras 12 y 14**, otros dos para acetileno.

En el reductor de la **figura 12**, se aprecia la presencia de un robinete que permite cerrar la salida del oxígeno hacia la manguera, sin modificar la posición del tornillo regulador.

Soplete oxiacetilénico: Es un dispositivo que sirve para realizar la combustión utilizando acetileno como combustible y oxígeno puro como comburente, obteniéndose de este modo temperaturas altísimas de cerca de los 3.100°C, capaces de fundir metales muy refractarios. Además permite dirigir el calor de la llama localizándolo, sobre la zona que se ha de soldar.

El soplete mezcla los gases y los conduce a la punta de salida, produciendo una llama estable, regulable, y económica. La velocidad de salida de la mezcla por la punta, ha de alcanzar por lo menos 200 m/seg; a fin de superar la de propagación de la llama y evitar que la mezcla se encienda en el interior del soplete.

Aunque puedan variar algunos detalles de construcción, las partes esenciales de un soplete oxiacetilénico son las siguientes:

Mango: al que llegan los gases por sus respectivos tubos.

Mezclador: en el cual los gases se mezclan perfectamente en la proporción deseada.

Lanza: que es un tubo, por el que sale la mezcla.

Boquilla: que va ubicada en el extremo de la lanza y es donde se produce la llama, figura 15.

A la lanza, con su boquilla correspondiente, se la denomina normalmente cabeza o pico del soplete. Existen dos tipos fundamentales de sopletes, los de baja presión y los de alta presión. Los primeros utilizan acetileno producido por un gasógeno (a baja presión), mientras que los segundos utilizan como combustible el acetileno disuelto.

En los sopletes de baja presión, el oxígeno arrastra el acetileno que trae una presión de 10 a 30 gramos/cm², y por la misma aspiración lo conduce hacia el mezclador, y de ahí a la lanza y la boquilla.



Figura 11

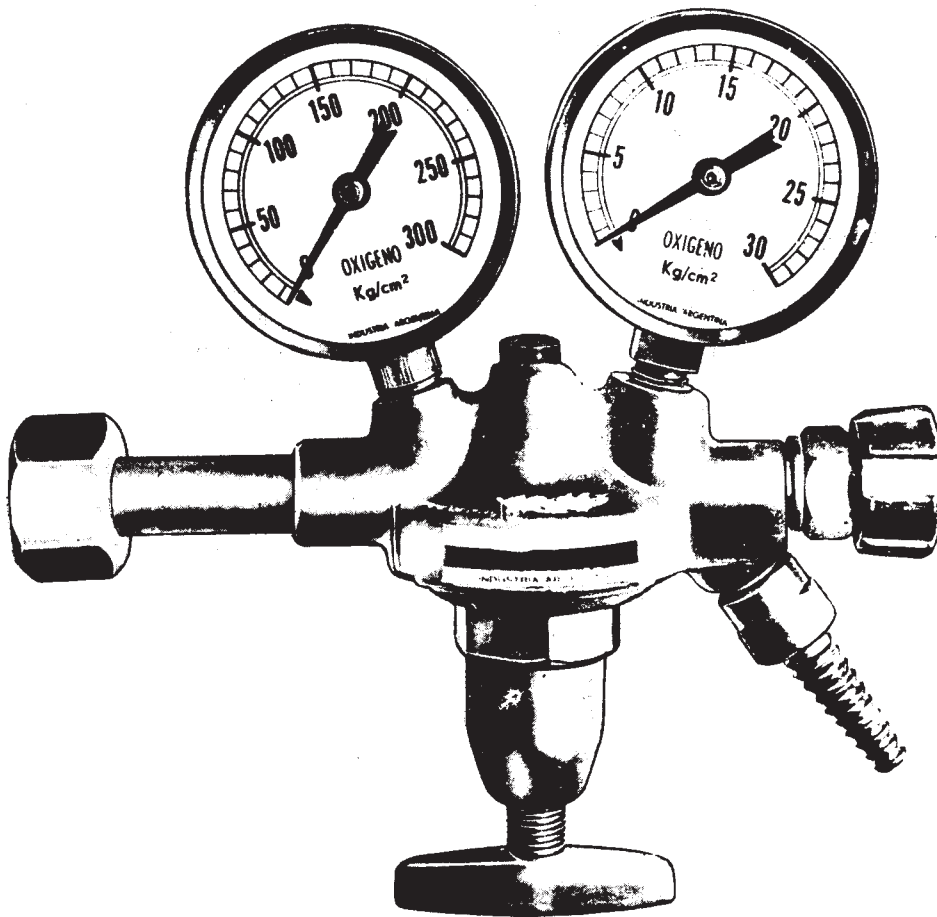


Figura 12

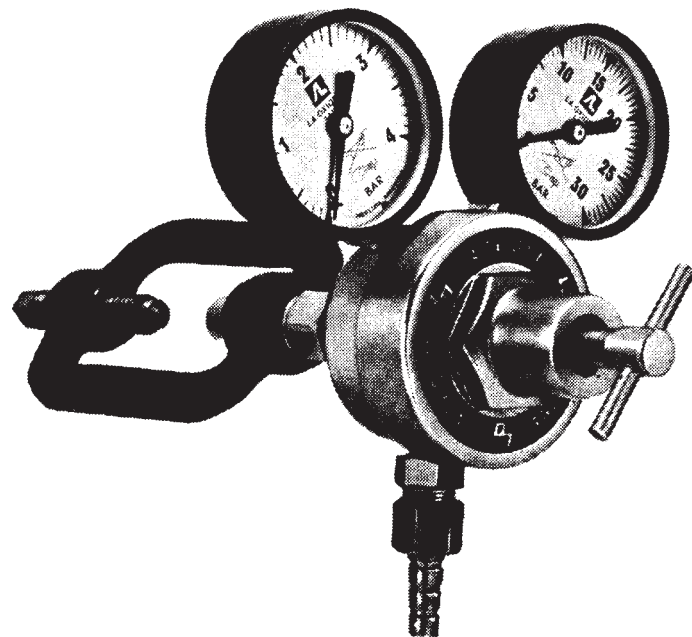


Figura 13

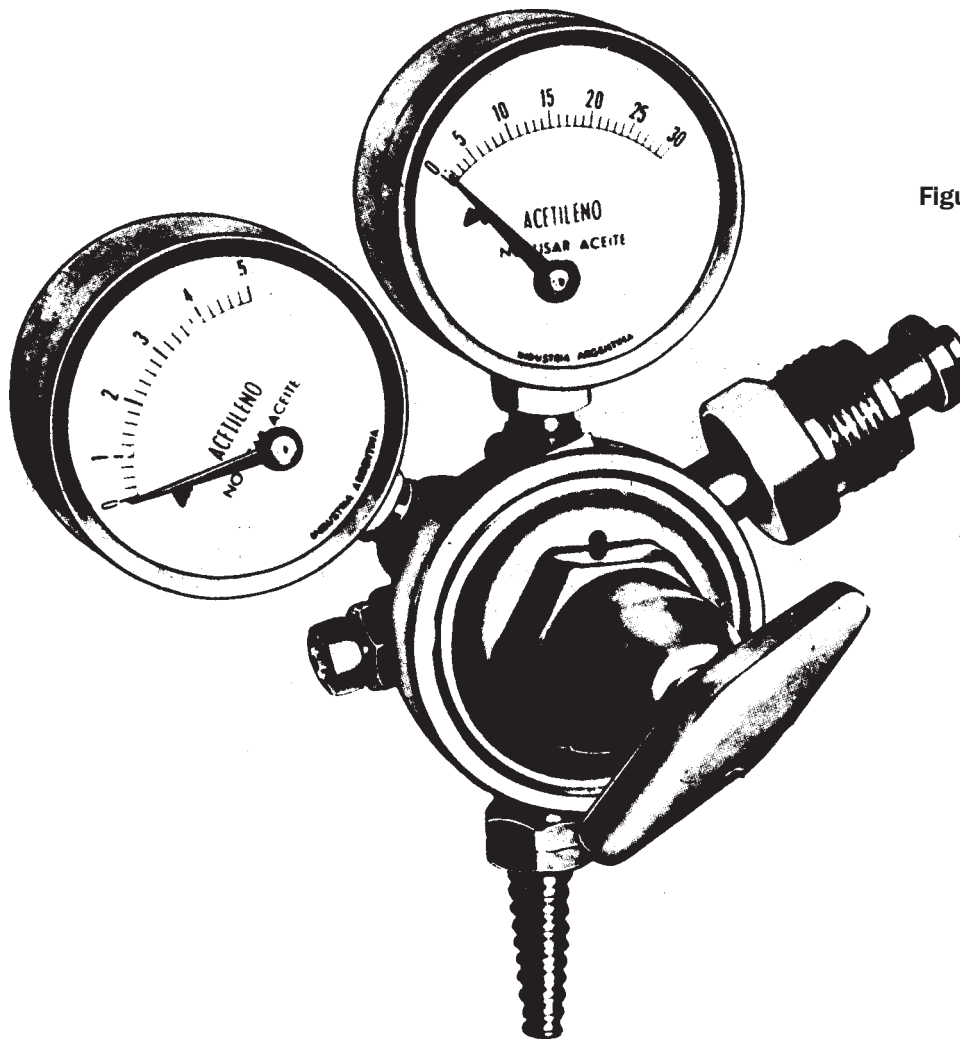


Figura 14

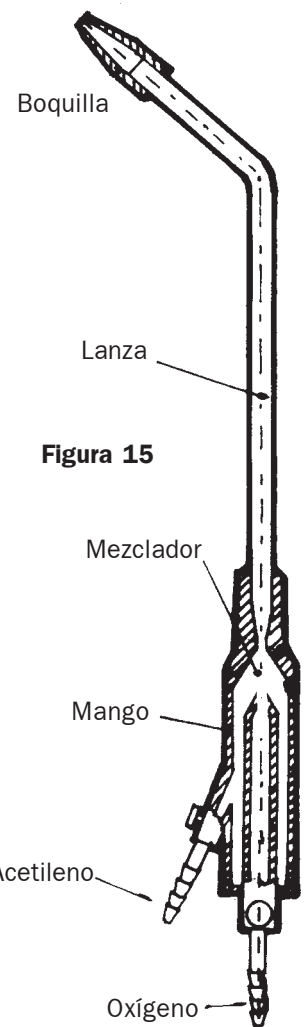


Figura 15

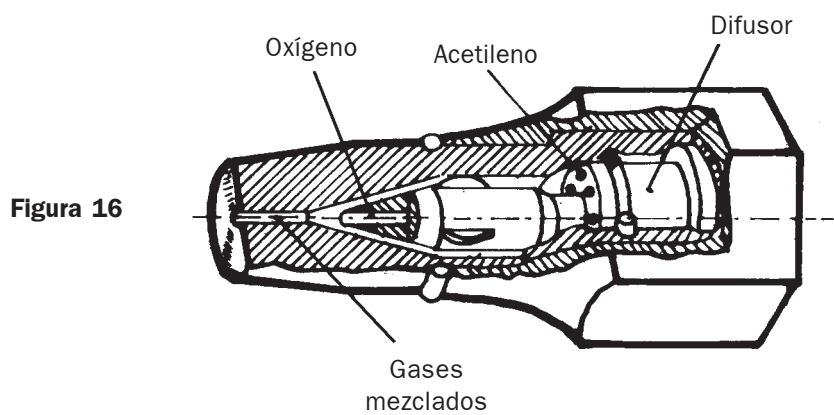


Figura 16

CURSO DE SOLDADURA

Desde el difusor pasan los gases a la cámara de mezcla, de forma cónica y luego a la boquilla.

La cantidad de gases, depende en estos sopletes del diámetro de los orificios y de la presión a que llega cada gas.

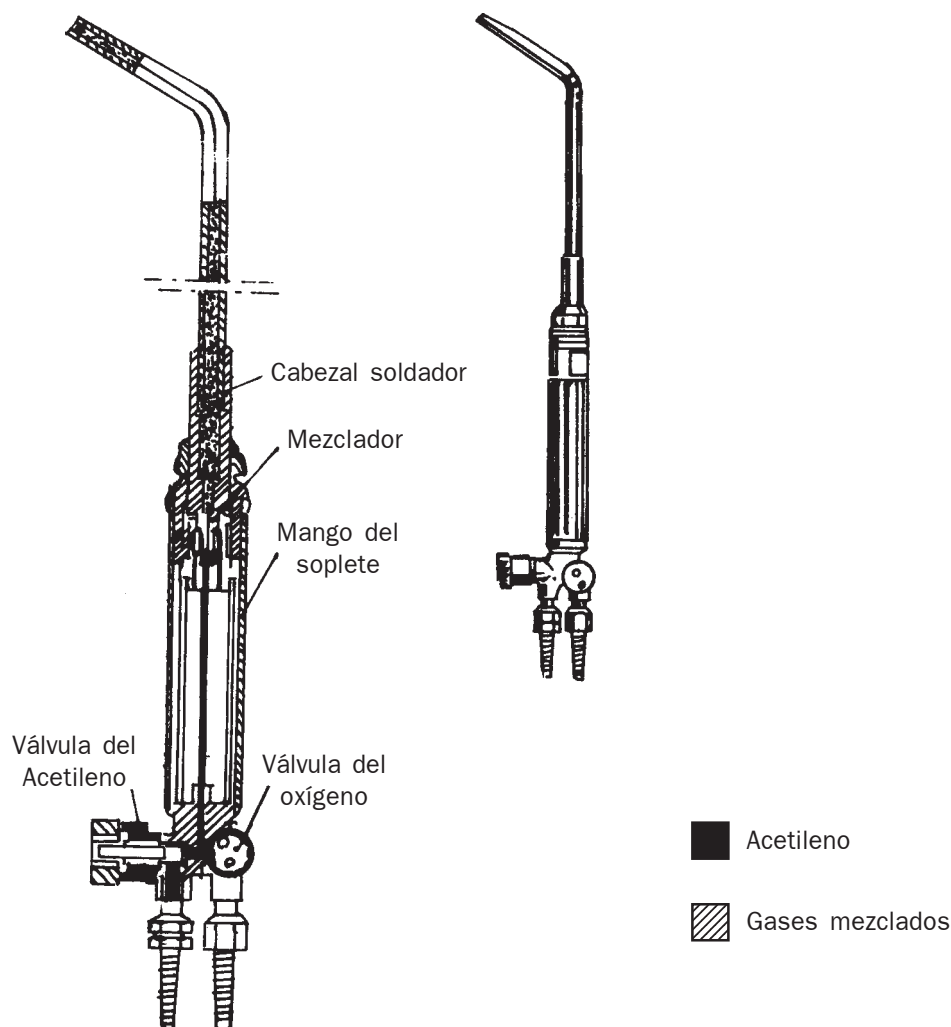
Para variar el caudal de acuerdo a la exigencia de el tipo de soldadura se cambia el pico por uno de mayor o menor tamaño.

La regulación de salida de gases se hace accionando los grifos situados en el mango del soplete, uno para oxígeno y otro para el acetileno.

La **figura 17** muestra el aspecto exterior de un soplete oxiacetilénico, del llamado tipo universal y su sección.

En el mercado se encuentran tipos y modelos variadísimos en cuanto a detalles constructivos, si bien el principio de funcionamiento es el ya explicado.

Figura 17



Otros tipos de sopletes: Además de los sopletes que hemos descrito, existen otros de suma utilidad y de constante aplicación, como el llamado soplete de chapista, **figura 18**.

En la soldadura de metales preciosos se utiliza el soplete de joyeros **figura 19** que funciona con llama oxiacetilénica y que se suministra con un juego muy completo de boquillas intercambiables. En la **figura 20**, se observa un soplete de plomero, utili-

zado para soldaduras blandas, y que trabaja con acetileno a presión.

En la actualidad, la mayoría de los sopletes, están equipados con válvulas de alta precisión, lo que permite que sean utilizados tanto con acetileno a baja presión, como con acetilenos disueltos.

Potencia del soplete: Es la cantidad en litros de acetileno que puede quemar en 1 hora. Varía entre 30 y 500 litros/hora. Prácticamente no se pasa de los 2500 litros.

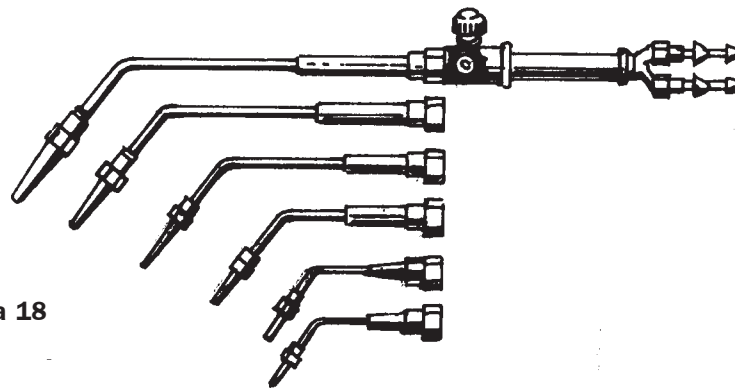


Figura 18

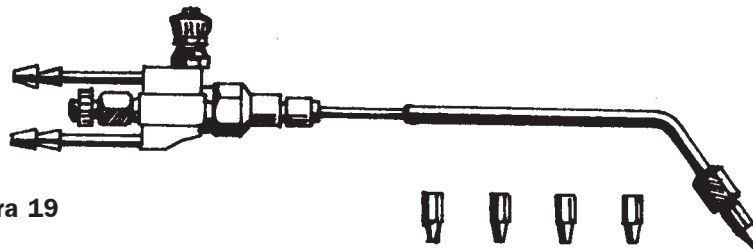
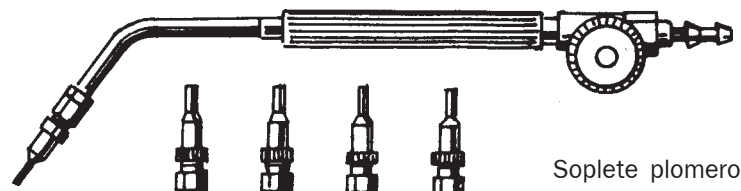


Figura 19



Soplete plomero

Figura 20

ELECCIÓN DEL SOPLETE

Para la elección del soplete, se debe de tener en cuenta el tipo de soldadura que se deba realizar, y elegir un soplete, con una cabeza cuyo caudal, en litros por hora cubra las necesidades del trabajo.

A continuación, se ilustra una tabla de consumo de los sopletes, indicándose además el espesor que permite soldar cada número de cabeza o pico.

Las llaves de regulación del acetileno y del oxígeno se hallan ambas colocadas en la parte anterior del soplete y se pueden maniobrar, respectivamente, con los dedos pulgar e índice de la misma mano que maneja el soplete y, por consiguiente, sin necesidad de interrumpir la soldadura.

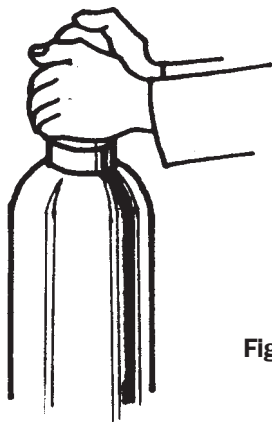


Figura 21

CABEZA N°	00	0	1	2	3	4	5	6	7
Litros/hora de Oxígeno	36	90	180	360	600	900	1440	2040	3000
Litros/hora de Acetileno	30	75	150	300	500	750	1200	1700	2500
Espesores de la chapa	0,2	0,5	1	2	4	6	8	12	20
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
a soldar en mm.	0,5	1	2	4	6	8	12	20	30

PREPARACIÓN DEL EQUIPO PARA SOLDAR

- 1) Destornillar la cubierta de protección de los tubos (**figura 21**).
- 2) Colocándose a un costado de la boca de salida del tubo, proceder a abrir lentamente la válvula del mismo, y dejar salir gas por unos instantes, para limpiar el conducto de toda partícula extraña. Cerrar el grifo nuevamente (**figura 22**).
- 3) Una vez realizada la maniobra anterior, en ambos tubos, conectar los reductores de presión correspondientes, cuidando de que el tornillo de regulación de los mismos, se encuentre completamente flojo (**figura 23**).
- 4) Abrir lentamente los tubos, hasta obtener en el manómetro de alta presión la lectura correspondiente a la presión efectiva dentro del cilindro (**figura 24**).
- 5) Proceder a ajustar poco a poco los tornillos de regulación hasta obtener la presión de salida adecuada (acetileno 1 Kg aprox., oxígeno 3 Kg. aprox.) Se sobrentiende que las mangueras del soplete deben de estar conectadas a los reductores antes de proceder a ajustar los tornillos de los mismos (**figura 25**).

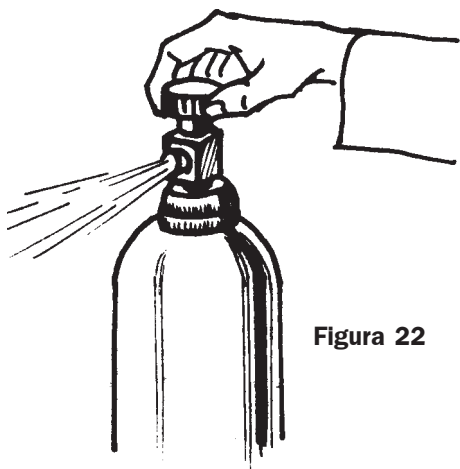


Figura 22

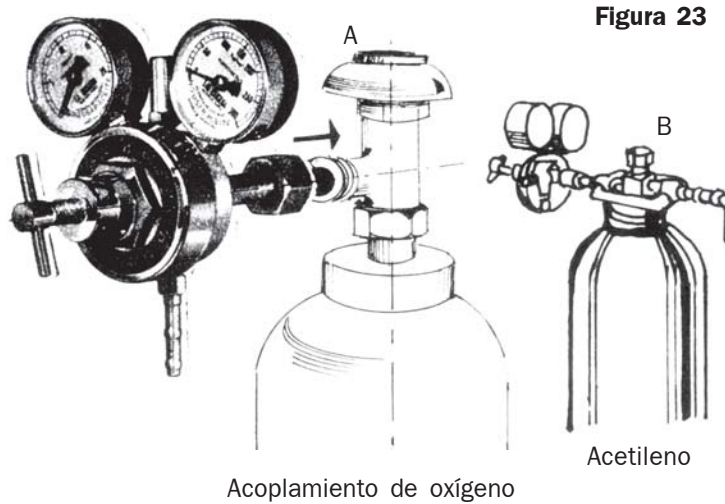


Figura 23

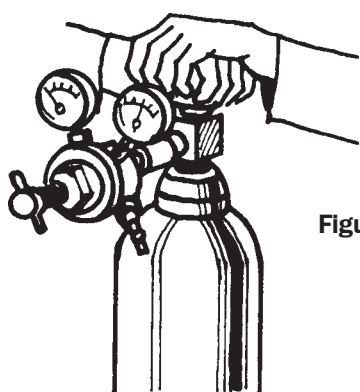


Figura 24

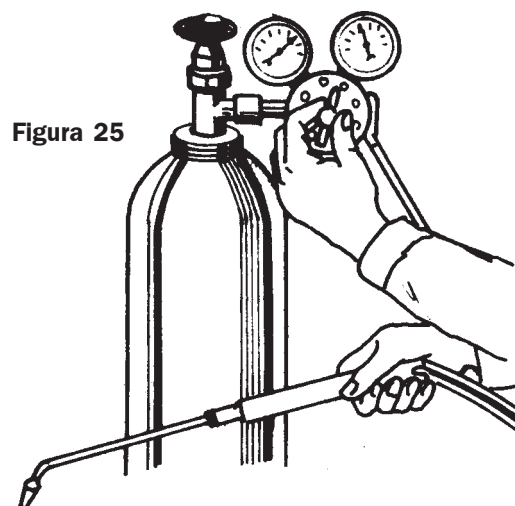


Figura 25

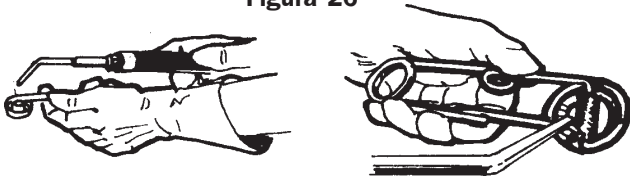
ENCENDIDO DEL SOPLETE

Una vez elegido el soplete a emplear, para proceder a su encendido, hay que tener en cuenta que no conviene encender solo el acetileno porque produce demasiado humo y hollín.

Se abre un poco de oxígeno, sin olvidar que si la presión es baja retrocederá la llama y seguirá ardiendo en el interior del soplete; si por el contrario la presión es excesiva, la llama vuela separándose de la boquilla y acabando por apagarse.

El mejor sistema es: abrir un poco el paso de oxígeno y totalmente el acetileno, si es de baja presión. En caso de emplear acetileno disuelto se abre un poco el oxígeno y bastante el acetileno, se acerca el encendedor a la boquilla, manteniéndola a una distancia de 2 a 3 cm, como muestra el esquema de la **figura 26**.

Figura 26



Una vez encendido se procede a regular y ajustar el caudal de gases, hasta conseguir la llama de las características deseadas.

Al apagar el soplete, se cierra primero el paso de acetileno, tanto si el motivo es haber terminado el trabajo como si se debe a haber producido un retroceso de la llama.

LA LLAMA OXIACETILÉNICA

La combustión completa del acetileno con el oxígeno produce anhídrido carbónico y vapor de agua.

Se necesitan 2,5 volúmenes de oxígeno por 1 volumen de acetileno.

Dentro del soplete, esta combustión no es instantánea porque se realiza en dos tiempos, que hacen aparecer dentro de la llama tres partes dis-

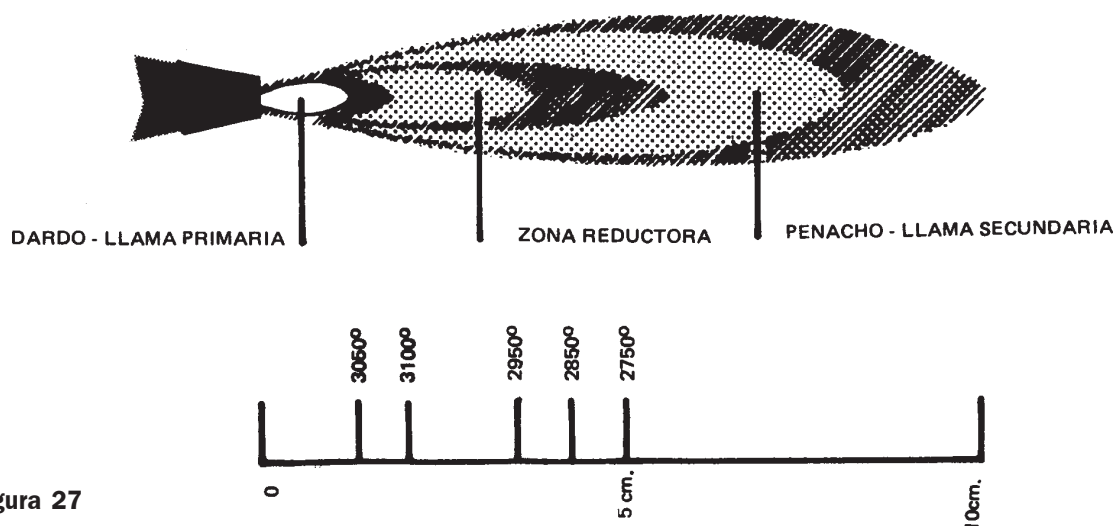


Figura 27

tintas. (figura 27)

1 - Un dardo brillante de forma generalmente cónica, correspondiente al principio de la reacción de la mezcla a volúmenes iguales de oxígeno - acetileno creado a nivel del inyector del soplete. La reacción incompleta que se produce forma una mezcla muy reductora de óxido de carbono y de hidrógeno.

2 - Un penacho muy luminoso donde el oxígeno del aire hace su aporte para obtener la combustión completa de los gases resultantes de la reacción precedente.

Los 2,5 volúmenes de oxígeno introducidos (1 volumen directamente del tubo y 1,5 volumen proveniente del aire ambiente) quemarán 1 volumen de acetileno.

El nitrógeno no interviene, es solamente un diluyente de la llama, que explica el largo del penacho.

Entre esas dos zonas extremas se halla una corta zona azul. Sus contornos son un poco menos netos que los de dardo.

Es la zona «activa» de la llama:

Gracias a su naturaleza reductora, impide la oxidación del metal a soldar y puede asimismo desoxidarlo en su superficie.

Es el lugar de más temperatura, porque una gran parte de las calorías se encuentran dentro de esa zona de acción de la primera combustión, también llamada combustión «primaria».

Las temperaturas en el interior de la llama varían en todo el largo de su eje.

Por otra parte, la forma del dardo indica el tipo de llama, la cual puede ser regulada a voluntad.

- ♦ carburante
- ♦ oxidante
- ♦ normal o reductora

En efecto, si el oxígeno y el acetileno no se mezclan a volúmenes iguales dentro de la combustión primaria, y hay una proporción más grande de acetileno, ese gas no podrá quemarse totalmente y se liberará como carbono puro. La llama se denomina carburante **figura 28**.

Es ligeramente menos caliente, ya que una parte de las calorías servirán para calentar ese carbono libre que emite, a la temperatura que posee, una viva luminosidad.

Un exceso de acetileno vuelve a la llama más luminosa. El carbono libre, no se quemará más dentro de la llama secundaria, se depositará bajo la forma de un polvo negro (negro de acetileno).

Al contrario, si la mezcla oxígeno - acetileno contiene una mayor proporción de oxígeno la cantidad de calorías liberadas es más grande, la llama se hace más potente, su temperatura se eleva levemente. No obstante, la presencia del anhídrido carbónico y el vapor de agua en el dardo hace a la llama oxidante **figura 29**.

Es por eso que la llama que se utiliza es la denominada «reductora» o «normal» figura 30. La mezcla oxiacetilénica primaria se hace en iguales proporciones. Para conseguir y regular la llama es suficiente accionar los robinetes de control de consumo de oxígeno y acetileno que se encuentran en el soplete.

En la práctica, estando reguladas las presiones de alimentación, se abre el acetileno para conseguir el consumo nominal (normal) del pico utilizado, luego se abre levemente el oxígeno. El soplete entonces se debe encender inmediatamente. Se hace enseguida la regulación por apertura progresiva del oxígeno, hasta la desaparición del penacho carburantes. La llama es «normal». Una apertura mayor del oxígeno producirá una llama cada

vez más oxidante.

VENTAJAS DE LA LLAMA OXIACETILÉNICA.

La llama oxiacetilénica es la única llama oxigas de un regulado fácil. La llama «normal», con penacho reductor, permite calentar y soldar sin oxidar. Se puede efectuar así la soldadura de aceros sin decapante. El penacho es aquí protector, como el

revestimiento de un electrodo de soldadura por arco.

Se utiliza la llama «carburante» en algunos trabajos de recargue duros, para prevenirse contra un riesgo de descarburización del metal a fundir con la llama. Esta llama «carburante» es por otra parte más luminosa y los soldadores la emplean a veces accionando simplemente el robinete de acetileno para examinar el cordón de soldadura que acaban de realizar.

La llama oxiacetilénica es el medio más rápido, el más concentrado, el más simple y el más económico para resolver los problemas de calentamiento localizado en calderería, cerrajería y carpintería metálica.

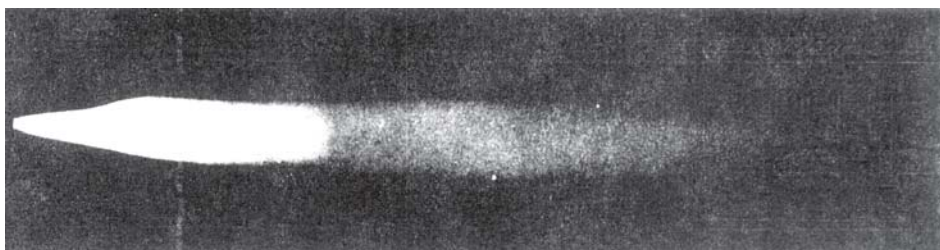


Figura 28

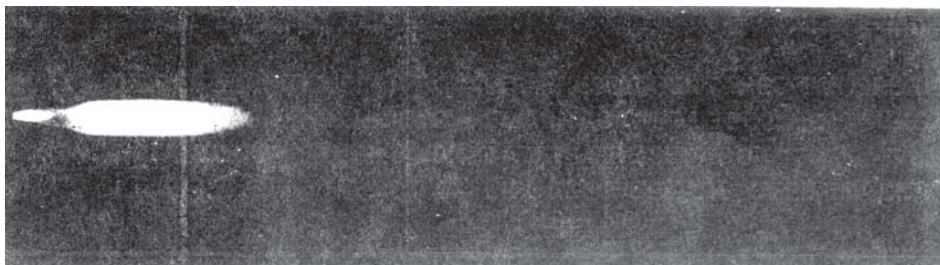


Figura 29



Figura 30

TECNICAS DE LA SOLDADURA OXIACETILENICA.

Factores que condicionan la correcta ejecución.

En el supuesto que se cuente con instalaciones completas y bien dotadas, quedan otros factores a considerar que son decisivos en la obtención de una soldadura perfecta. Son entre otros los siguientes:

Calidad del metal a soldar.

El metal base ha de poseer un grado de soldabilidad que permita su unión sin afectar su resistencia y ductibilidad. Ciertamente que esta cualidad depende no sólo del metal sino de la técnica empleada para soldar.

En trabajos usuales de calderería y en construcción de estructuras metálicas se emplean planchas y perfiles de hierro o acero semisuave, fáciles de soldar.

Ha de cuidarse que las planchas o piezas a unir no tengan defectos como exfoliaciones, picaduras, cambios de espesor, etc. y además que las superficies estén limpias de óxido y polvo.

Grado de calentamiento.

Es fundamental obtener una buena soldadura con economía. Si el calentamiento es excesivo, insuficiente o muy irregular, se producen defectos y un gasto innecesario de combustible y tiempo.

Hay dos aspectos que conviene cuidar y son:

- 1) La posición adecuada de la llama.
- 2) Que la varilla y los bordes a unir fundan simultáneamente en cada punto.

La distancia de la punta a la superficie a fundir debe mantenerse entre 2 y 4 mm. Si el dardo se aleja más, se pierde calor, **Figura 31 A**, si por el contrario se acerca demasiado **C**, la llama se aplasta sobre la superficie, la combustión no es perfecta. La posición correcta será la esquematizada en **B**.

Para lograr la fusión simultánea de las piezas a unir, suponiendo que tengan igual espesor, la llama se sitúa en el plano medio (**figura 32**). La posición de la varilla varía con el espesor de las piezas a unir, el método de soldadura elegido y

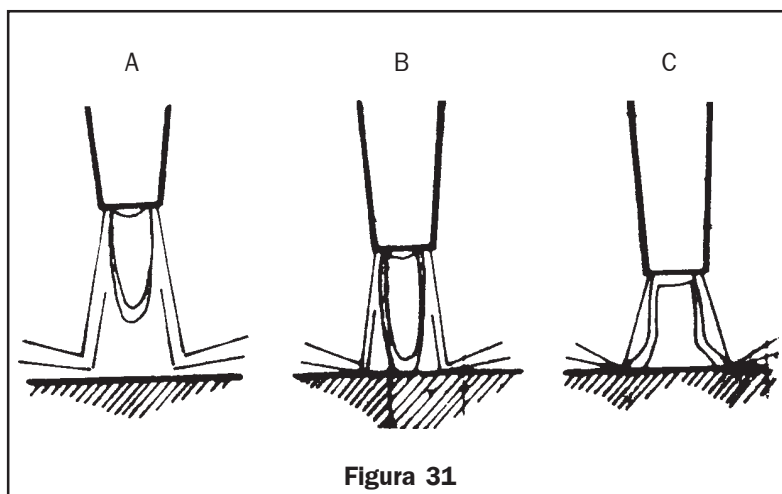


Figura 31

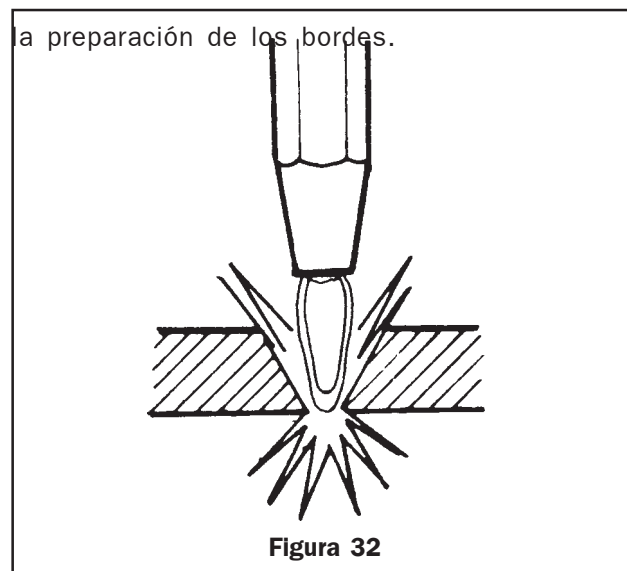


Figura 32

Métodos corrientes de la soldadura oxiacetilénica:

Atendiendo a la posición de las piezas y la dirección del cordón de la soldadura, las técnicas más corrientes de soldadura oxiacetilénica son:

- ♦ Soldadura a la izquierda.
- ♦ Soldadura a la derecha.
- ♦ Soldadura en ángulo.
- ♦ Soldadura ascendente con doble cordón.

Dentro de estos grupos quedan comprendidos otras variantes que veremos más adelante.

SOLDADURA A LA IZQUIERDA.

También llamada hacia adelante, se considera el método clásico de soldadura y es aplicable a toda clase de metales y aleaciones. Está especialmente indicado para chapas de hasta 6 mm de espesor, para hierro fundido, fundición maleable y materiales no férreos de cualquier espesor.

El único inconveniente de la soldadura a la izquierda es su costo elevado por la lentitud con que se opera y el volumen de gases que se consume.

Se realiza de derecha a izquierda (**figura 33**).

La varilla va delante del soplete que forma con la superficie del material un ángulo entre 60° y 70°. La inclinación será mayor en espesores de hasta 2 mm con el fin de evitar perforaciones (**figura 34**).

Para metales con punto de fusión bajo, el ángulo entre soplete y la superficie deberá ser entre 25° y 45°.

Cuando la penetración haya de ser considerable, el valor del ángulo se elevará hasta los 90°.

El caudal del soplete se fijará en 100 L/hora por mm de espesor. En chapas de 4 mm el caudal será de 400 L/hora por mm de espesor.

El diámetro de la varilla debe ser igual a la mitad del espesor de la chapa más un milímetro, por ejemplo. Para una chapa de 4 mm la varilla será:

$$\varnothing = \frac{4}{2} + 1 = 2 + 1 = 3 \text{ mm.}$$

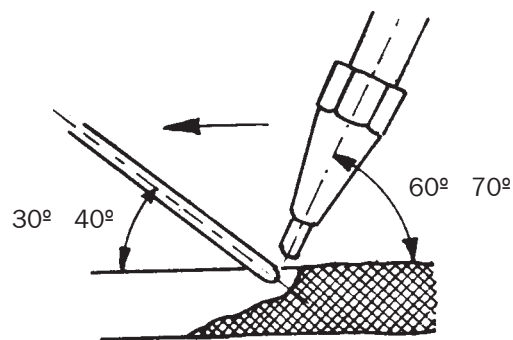
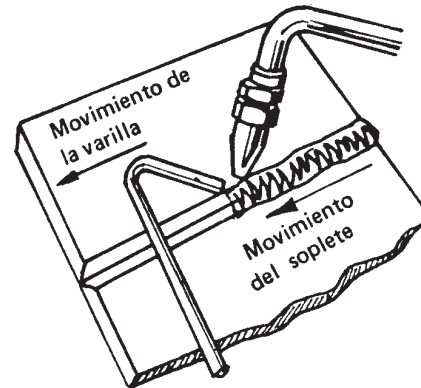


Figura 33

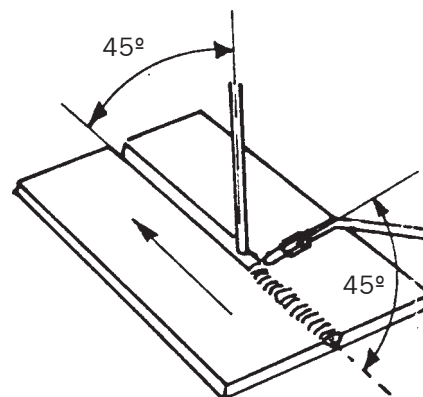


Figura 34

Cuando se suelda por el método de a la izquierda, conviene fijar las piezas por puntos de soldadura, dejando entre los bordes una separación equivalente a la mitad del espesor de las piezas aproximadamente.

Para la ejecución del cordón se da al soplete un movimiento de oscilación, más lento al empezar hasta que se inicie la fusión. Cuando se llega al final el cordón de soldadura tiende a ensancharse, por lo que se ha de aumentar la velocidad de avance del soplete.

Si una vez comenzada la soldadura se ha de interrumpir por cualquier causa, antes de iniciar de nuevo el trabajo, será necesario calentar el cordón en los últimos 5 a 20 mm.

Soldadura a la izquierda inclinada o semiascidente.

Es una variedad del método a izquierda en el que dando una ligera inclinación a las piezas se pretende contrarrestar la tendencia del metal fundido a correr sobre las chapas.

Las piezas se disponen con una inclinación de 20° a 45° con respecto al suelo o soporte. La figura 35 refleja la posición de las piezas, el soplete y la varilla respecto a la superficie, así como el achafanado de los bordes. Se emplea este método en chapas de espesor de más de 5 mm.

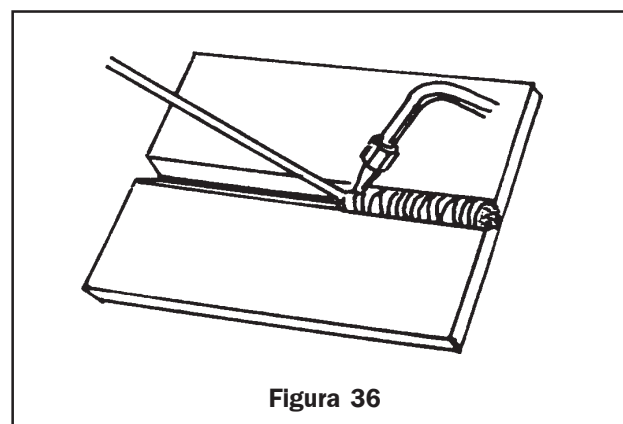
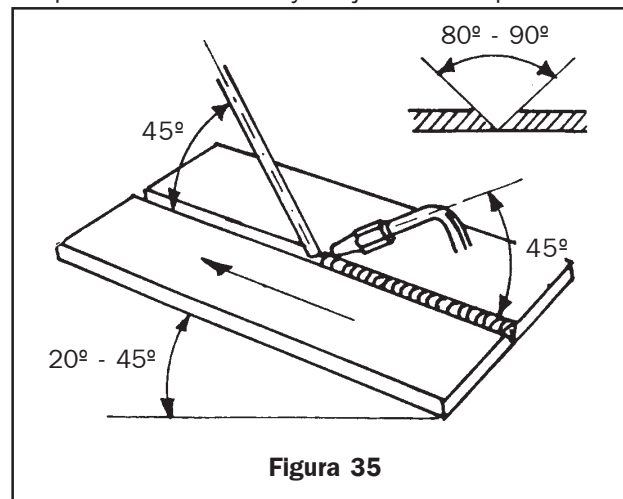
Soldadura inclinada en dos pasadas.

En realidad las pasadas dependen del espesor. Está especialmente indicado para espesores de más de 10 mm.

Cuando la soldadura se hace en dos pasadas (**figura 36**), La primera asegura una buena penetración y la segunda el buen aspecto del cordón.

Cuando la longitud de la costura es superior a 80 mm., resulta este método de un costo elevadísimo.

Es de destacar la rapidez de solidificación, lo que obliga a volver sobre el cordón ya conseguido para ir alisándolo y mejorar su aspecto.



Soldadura a la derecha.

Llamada también soldadura hacia atrás, se utiliza con ventaja para unir chapas cuyo espesor se halla entre 6 y 15 mm y no siendo aconsejable para soldar fundiciones o materiales no férreos.

El cordón de soldadura progresa de izquierda a derecha (**figura 37**).

La inclinación del soplete y la varilla respecto a la superficie son las reflejadas en la **figura 38**.

El soplete avanza en línea recta y a la varilla, que va detrás de la llama, se le imprime un movimiento de oscilación muy acentuado.

El dardo se introduce entre los bordes para fundirlos hasta el fondo, según muestra el esquema de la (figura 39) formando y manteniendo un pequeño hueco.

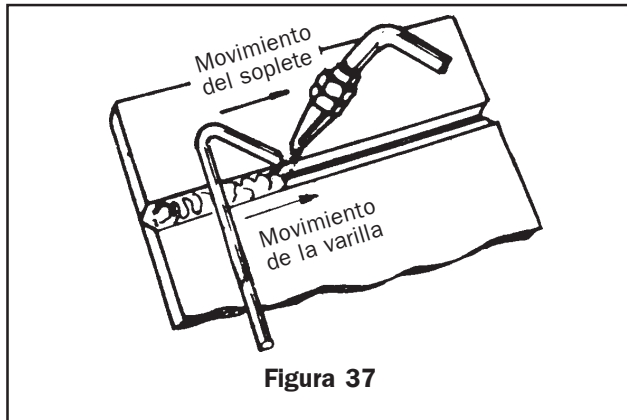


Figura 37

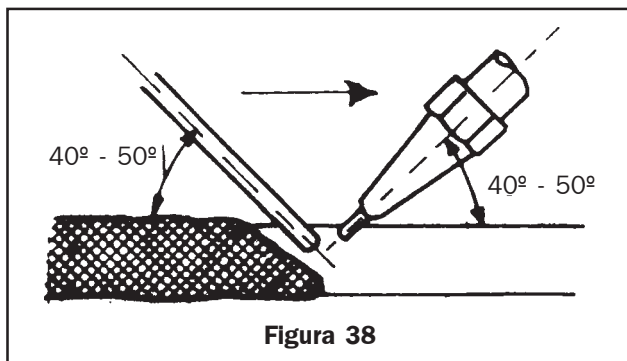


Figura 38

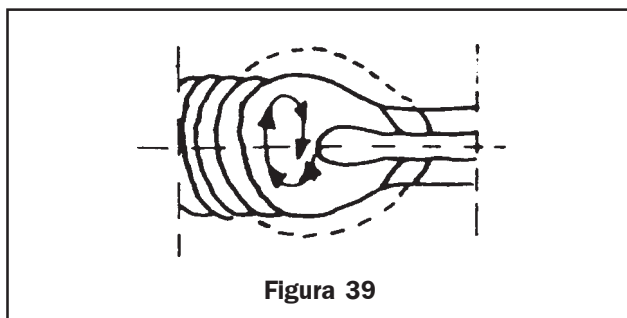


Figura 39

El método de soldadura a derecha tiene sobre la soldadura a la izquierda las ventajas de:

- ♦ Mayor velocidad en la realización.
- ♦ Mayor aprovechamiento del calor.
- ♦ Más economía.
- ♦ Ahorro considerable del metal de aportación al ser el achaflanado de los bordes bastante menor que en la soldadura a la izquierda (figura 40).

Los bordes se achaflanar en V a 60° o 70° y en el fondo se deja una separación entre ellos igual a la mitad del espesor más un milímetro, siempre que no exceda los 6 mm cuando se trate de espesores no superiores a 6 mm. Por ejemplo:

Para una chapa de 6 mm la separación será de $3+1=4\text{mm}$.

Para una chapa de 14 mm la separación será de 6 mm, valor máximo admisible.

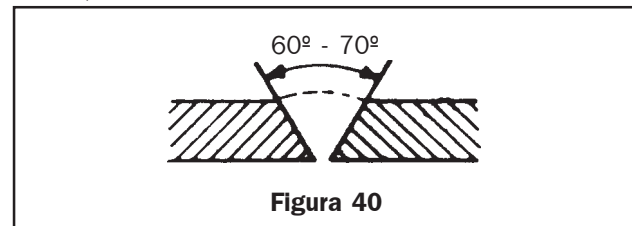


Figura 40

Como inconvenientes de este método de soldadura, suelen aducirse que no siempre se logran cordones limpios y de buen aspecto, pero sin llegar a influir en la resistencia a la unión.

Soldadura en ángulo.

El ángulo formado por las piezas pueden ser de abertura variable y la soldadura hacerse por el interior (A) o por el exterior (B) (figura 41).

Para la soldadura en ángulo interior es aconsejable emplear el método de soldadura a la izquierda, si el espesor es inferior a 6 mm. Para espesores de más de 6 mm. se recomienda el método de soldadura a la derecha.

El soplete debe formar un ángulo de 45° con la chapa vertical, moverse lo menos posible en sentido transversal y que vaya fundiendo los bordes de las chapas a unir.

La varilla se inclina 45° respecto a la chapa horizontal.

En el ángulo exterior suele emplearse el método de soldadura a la izquierda normal o bien semias-

cendente, según el espesor de las piezas a unir.

Normalmente el espesor es suficiente para que en él se deposite el metal de aportación. Si el espesor es pequeño, se prescinde del metal de aportación fundiendo simplemente los bordes (Figura 42).

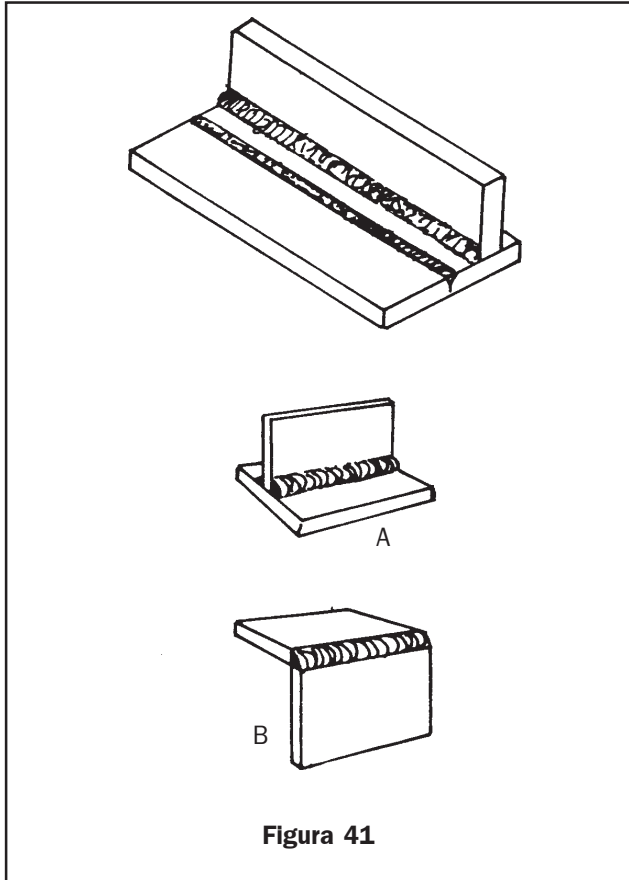


Figura 41

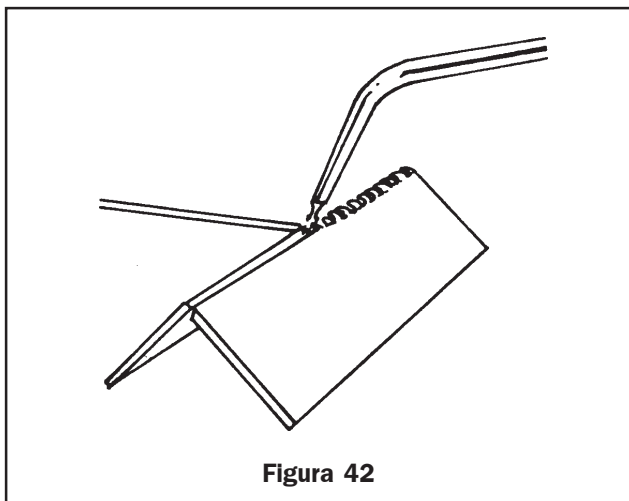


Figura 42

SOLDADURA ASCENDENTE CON DOBLE CORDÓN.

Es una soldadura en la que a pesar de realizarla de un solo lado, se obtiene también un cordón por el revés de la soldadura.

Se aplica a espesores de 2 a 6 mm., sin achaflamar los bordes. La distancia de las chapas es la mitad del espesor de las mismas. La potencia del soplete, será de 60 L/hora/mm.

Se aplicará el soplete, hasta realizar un agujero en el borde de las chapas, el cual se debe mantener durante toda la soldadura, rellenándolo a medida que se va formando, y deslizando el soplete siempre de abajo hacia arriba (figura 43).

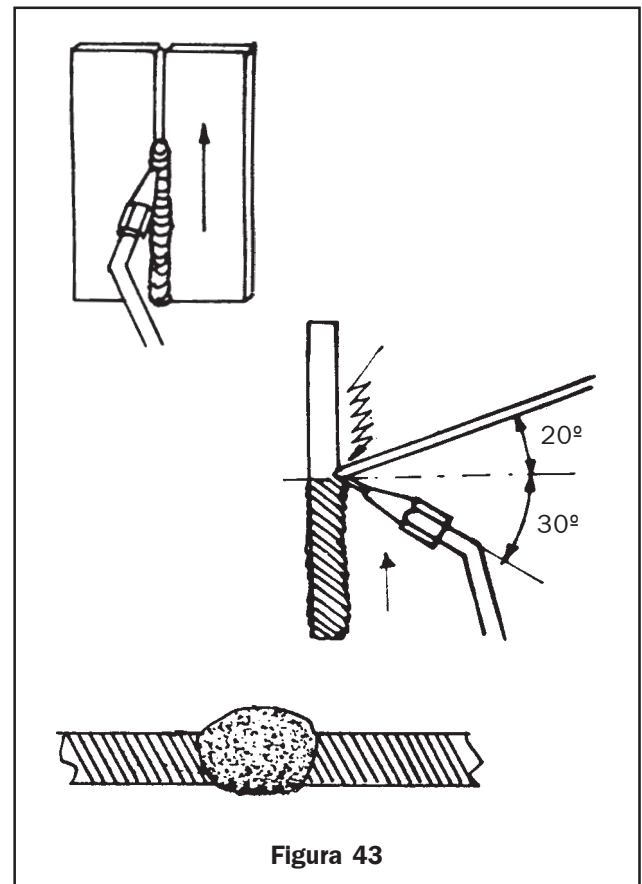


Figura 43

SOLDADURA EN CORNISA.

Es la soldadura con cordón horizontal, ejecutada entre dos planchas en posición vertical (**figura 44**). Dado que el baño tiende a deslizarse resulta bastante difícil su ejecución.

En chapas de espesor entre 1 y 4 mm. conviene soldar por el método a la izquierda, dirigiendo la llama un poco hacia arriba, para contener el metal fundido.

En espesores entre 5 y 12 mm debe preferirse el método de soldadura a la derecha, con la llama también dirigida hacia arriba.

En general y para chapas de más de 8 mm., se recomienda la soldadura especial que se llama soldadura por porciones ascendentes.

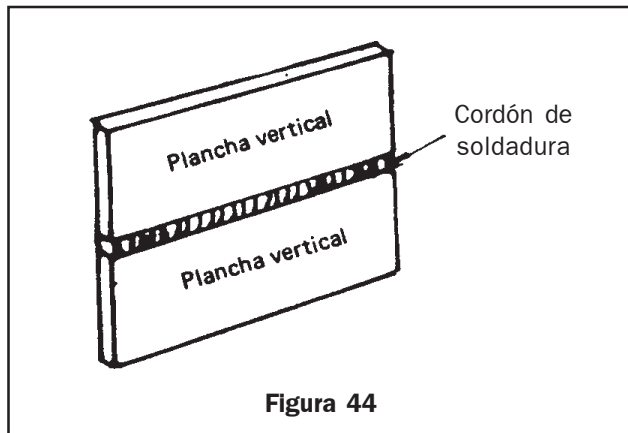


Figura 44

Ofrece la particularidad de que el achaflanado en V de 70° se distribuye así: borde inferior a 25° y el borde de la chapa superior a 45° dejando entre las chapas una separación de 2,5 mm como se refleja en la (**figura 45**).

El caudal del soplete se fija en 75 L/hora por mm. de espesor de la plancha. Para una soldadura de chapas de 9 mm, el caudal sería de:

$$75 \times 9 = 675 \text{ L/hora.}$$

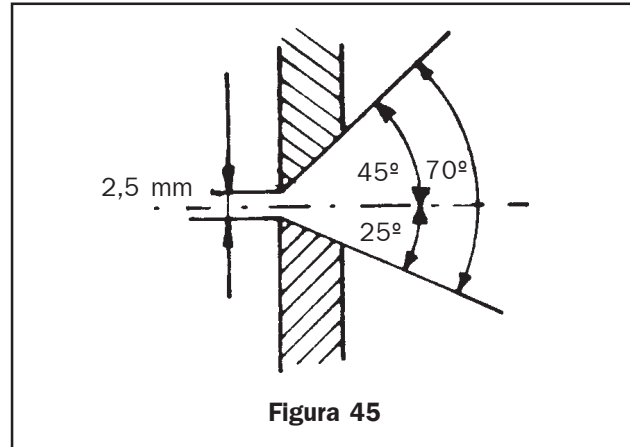


Figura 45

La varilla de aportación debe tener un diámetro de 3 a 4 mm., ejecutándose la soldadura de derecha a izquierda, hecha en dos tiempos que se van alternando.

Durante el primer tiempo la boquilla del soplete se coloca en posición horizontal, durante el segundo se mantiene en la posición que indica la (**figura 46**) y durante el mismo se imprime al soplete un movimiento de oscilación, progresando de abajo hacia arriba, como se ve en la (**figura 47**).

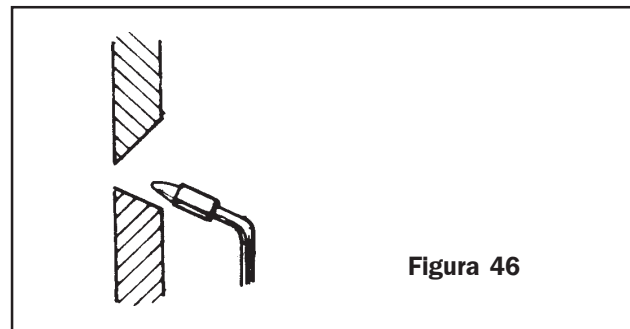


Figura 46

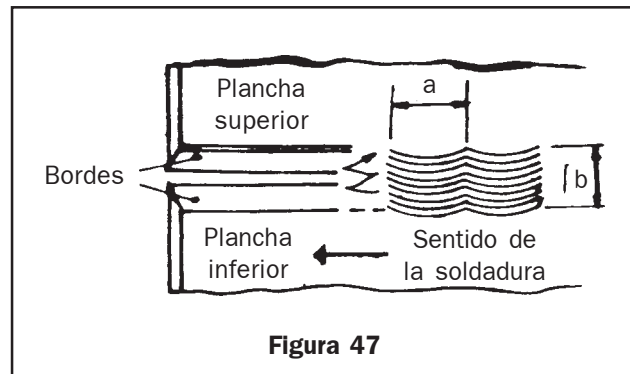


Figura 47

La longitud a cubrir en cada tiempo ha de ser igual o mayor que el ancho del cordón y debe ponerse especial cuidado en que los distintos tramos cubiertos en cada tiempo queden unidos entre sí.

Cuando sea posible, se aconseja realizar la soldadura con dos sopletes, uno por cada una de las chapas. Se opera como en el caso de la soldadura en doble cordón ascendente, contando, naturalmente con la práctica y habilidad del soldador.

SOLDADURA EN TECHO O SOBRE CABEZA.

Presenta gran dificultad en su ejecución por situarse la línea del cordón de soldadura sobre la cabeza del soldador, con tendencia acentuada del material fundido a deslizarse y caer por su peso.

Aunque la ejecute un soldador muy práctico, pocas veces se logra un buen aspecto del cordón y la calidad en general no resulta demasiado buena.

Por lo dicho se comprende que solo se acude a esta técnica de soldadura cuando no hay posibilidad de aplicar otra.

Cuando las chapas no pasan los 3 mm, de espesor, es innecesario preparar los bordes. Cuando el espesor es mayor, se achaflan los bordes a 90° y se aplica el método de soldadura hacia adelante.

El caudal del soplete no debe pasar de 75 L/hora por mm de espesor, trabajando con una velocidad de avance de hasta 80 cm/hora, en chapas de hasta 10 mm de espesor.

Conviene soldar en dos pasadas a partir de espesores de 7 mm, siendo la disposición más conveniente la reflejada en la (figura 48).

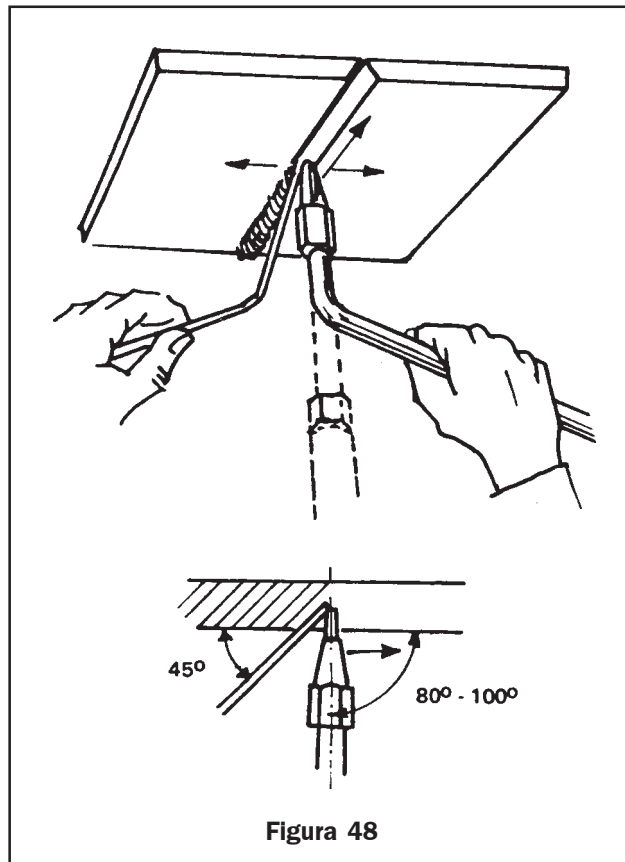


Figura 48

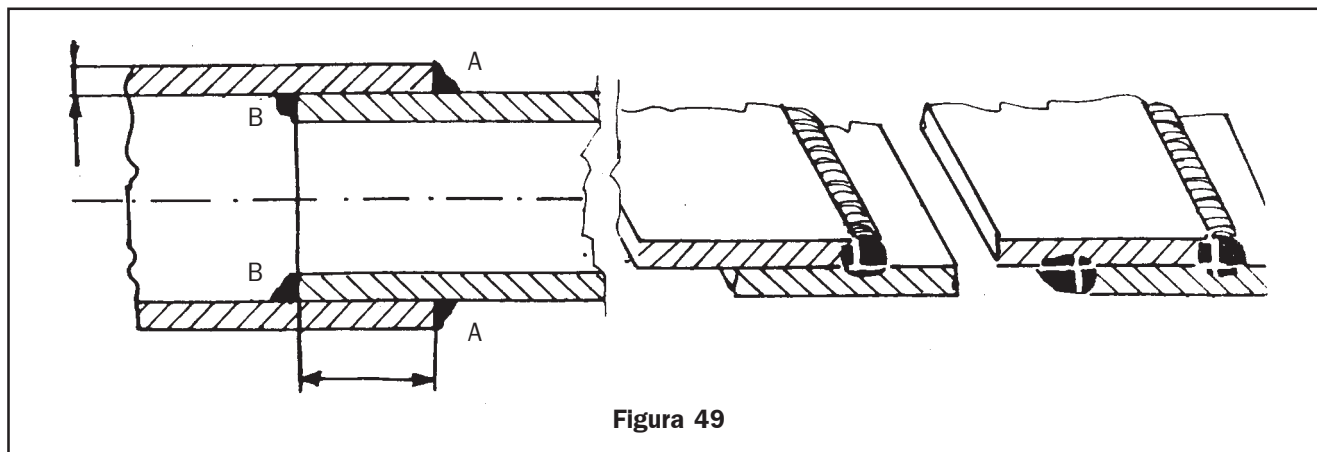
SOLDADURA A SOPLETE.

Aplicable en la unión de piezas superpuestas, acoplamiento de tubos, etcétera (figura 49), cuyo acoplamiento y nivelación han de vigilarse antes de iniciar la soldadura.

La longitud superpuesta de los mismos debe ser al menos de cuatro veces el espesor de las chapas.

Para determinar el caudal del soplete, diámetro de la varilla de aportación y el método de soldadura en ángulo interior con cordón simple.

Seguros de la alineación de las piezas se procede a soldar en este orden: cordón A y luego cordón B de la figura.



Método	Espesor de las chapas a soldar en mm.	Ventajas	Inconvenientes
A la izquierda	1 a 6	Muy fácil de realizar. Cordón de muy buen aspecto.	Precio de costo elevado. Enfriamiento muy rápido del metal fundido lo que disminuye la calidad de la unión.
A la izquierda semi-ascendente	3 a 10	Facilidad de ejecución y características mecánicas buenas.	Espesores máximos a soldar 10 mm. Cuando el espesor aumenta el aspecto de la soldadura es peor.
Semiascendente en 2 pasadas	Superior a 10	Penetración regular y bello aspecto de la soldadura con buenas características mecánicas.	Adecuado solamente para la soldadura de espesores elevados. Poco económica.
A la derecha	6 a 15	Gran velocidad de ejecución. Débil sobrecalentamiento. Muy buenas propiedades mecánicas. Se precisa poco metal de aportación.	No es aplicable más que a partir de 6 mm. de espesor. No se utiliza para metales no férreos.
Angulo interior	—	Unión de dos chapas formando un ángulo.	Poca penetración. Poco económico el procedimiento.
Angulo exterior	—	No hace falta preparación de borde.	Para piezas que no tengan que soportar esfuerzos de flexión.
Ascendente	2 a 10	Doble cordón con aspecto similar por el anverso y reverso. Soldadura de altas características mecánicas. Para construcciones accesibles por una cara solamente.	Espesores limitados.
Ascendente	6 a 12	Muy buen aspecto. Soldadura de buenas características y económica.	Es preciso acceso por las dos caras y un entrenamiento de los soldadores.
Ascendente	13 a 30	Soldadura para grandes espesores, de muy buena calidad y económica.	Preparación cuidadosa de bordes. Necesidad de acceso por las dos caras. Entrenamiento de los soldadores.
En cornisa	—	Débil potencia del soplete.	Dificultades en la realización. Soldadura con aspecto mediocre y con bajas características mecánicas.
A techo	—	Adecuado para la soldadura en posiciones en obra y en el taller.	Difícil de realizar. Poco económica.

Ventajas e inconvenientes de los métodos de soldadura.

A modo de resumen y para facilitar la comparación entre ellos y la elección en cada caso del más conveniente, resumimos en la tabla las ventajas e inconvenientes de cada uno de los métodos de soldadura descriptos.

Características a considerar en la soldadura oxiacetilénica.

Para determinar las características, técnicas y económicas, de un trabajo de soldadura, es necesario considerar los siguientes factores:

- ♦ Potencial del soplete.
- ♦ Velocidad de ejecución.
- ♦ Consumo de gases.
- ♦ Cantidad de metal aportado.
- ♦ Diámetro de la varilla.

La determinación de cada uno de estos factores se hace en función del espesor de las piezas a soldar.

DEFORMACIONES

El calor desarrollado durante la operación de soldadura, origina en las piezas que se unen, tensiones y deformaciones, incluso que pueden ser momentáneas o permanentes, producidas bien por dilatación o bien por contracción.

La magnitud de las deformaciones depende del coeficiente de dilatación del material. Este coeficiente es la variación de longitud que experimenta por el grado de temperatura y por milímetro de longitud.

Considerando una barra de acero de longitud L a temperatura de 0°C ., vemos que aumenta, al calentarla en su longitud, anchura y altura en la forma que ilustra la (figura 50), siendo mayor la dilatación en sentido de A que en el sentido de B.

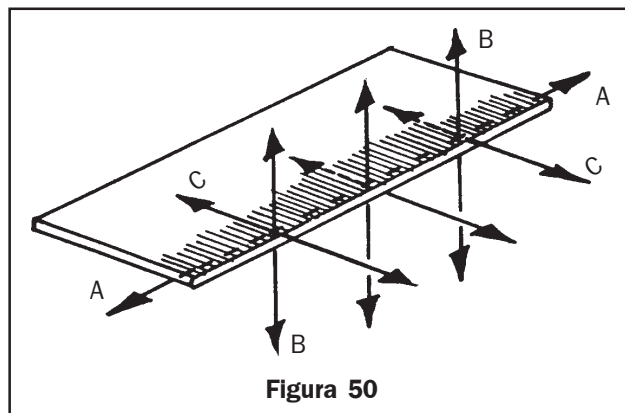


Figura 50

Metal	
Metal	% aumento longitud cuando t pasa de 0°C a 100°C
Plomo	2,92
Estaño	2,67
Magnesio	2,59
Aluminio	2,38
Plata	1,97
Latón	1,84
Bronce	1,75
Cobre	1,65
Zinc	1,65
Oro	1,42
Hierro dulce	1,22
Fundición hierro	1,12
Acero	1,07
Platino	0,90

Además de la variación de temperatura influye en la magnitud de las dilataciones, las dimensiones de la pieza y su composición.

El porcentaje de dilatación para distintos materiales, es el indicado en la tabla siguiente.

Las deformaciones pueden manifestarse en estas formas:

Dilatación simple, en que la línea de trazos indica la posición del borde dilatado (figura 51).

Deformación transversal: Las piezas se curvan (**figura 52**), y que en el caso de la soldadura en ángulo se produce en la forma que puede ver en la (**figura 53**).

Deformación longitudinal: Se da especialmente en soldadura de gran longitud y produce un efecto de abovedado, al contraerse el cordón de soldadura (**figura 54**).

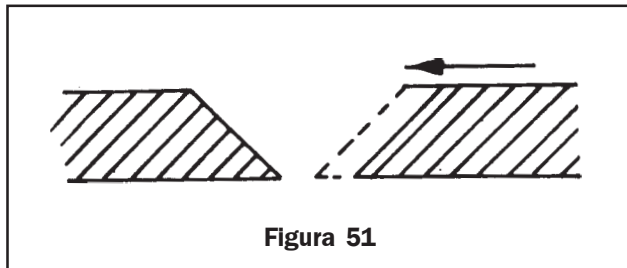


Figura 51

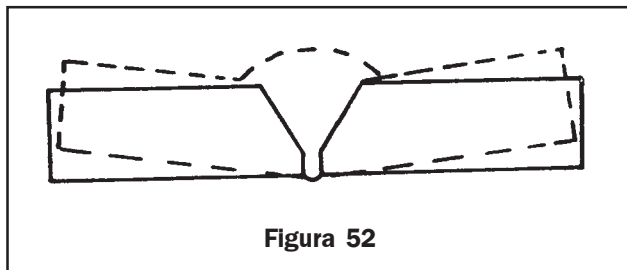


Figura 52

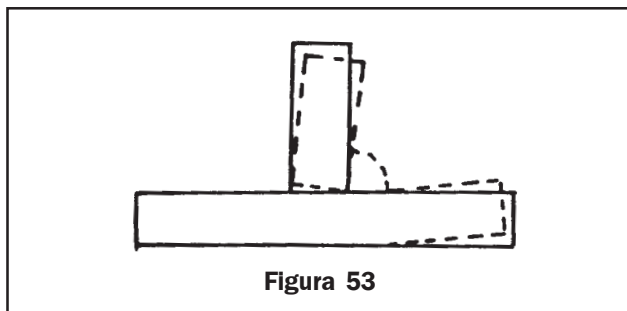


Figura 53

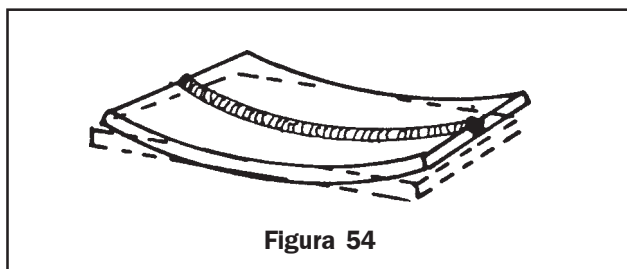


Figura 54

COMO EVITAR LAS DEFORMACIONES EN SOLDADURA.

Como primera posibilidad de evitar las deformaciones, hay que tener en cuenta su posibilidad cuando se proyecta la pieza y al preparar los bordes para la soldadura y por supuesto al realizar esta operación.

Un sistema al preparar las piezas, es deformarlas en sentido contrario al que se espera que va a deformarse por efecto del calor, por ejemplo: antes de soldar dos hierros planos en ángulo, conviene abrir éste porque la deformación tendrá luego a cerrarlo (**figura 55**).

El efecto de plegado puede compensarse disponiendo las piezas en la forma que representa la (**figura 56**) colocando extremos más bajos.

El punteado de las piezas para fijarlas, puede evitar deformaciones; sin embargo no es aconsejable este sistema en piezas de poco espesor, porque puede ser causa de una ondulación.

Para las piezas delgadas es más aconsejable enfriar los alrededores de la zona de soldadura, colocando bloques de cobre que absorben gran cantidad de calor, tal como puede ver en la (**figura 57**).

También el calentamiento uniforme de las piezas es un buen medio para evitar deformaciones. Para realizarlo se emplean dos sopletes, uno por cada cara de la soldadura.

Muy importante es también el orden seguido en la ejecución de las soldaduras.

Para soldar tres planchas entre sí, se empieza por soldar las señaladas con 1 y 2 mediante el cordón (a) y después se suelda la plancha 3 mediante el cordón (b) tal como se ve en la (**figura 58**).

Para reparar grietas, se coloca un cuña y se suelda a ambos lados (**figura 59**), para sacar luego la cuña y completar la soldadura.

Si no se consigue evitar las deformaciones y si a pesar de las precauciones se producen, hay que procurar corregirlas y subsanarlas después de terminada la soldadura, por alguno de estos medios.

Por martillado de las planchas deformadas, sobre todo si se trata de planchas delgadas. Por enderezado, con prensa o por martillado después de calentar la pieza, totalmente o sólo en la zona deformada.

