

## LA SOLDADURA

La *soldadura* es un proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos.

Es necesario suministrar calor hasta que el material de aportación funda y una ambas superficies, o bien lo haga el propio metal de las piezas. Para que el metal de aportación pueda realizar correctamente la soldadura es necesario que «moje» a los metales que se van a unir, lo cual se verificará siempre que las fuerzas de adherencia entre el metal de aportación y las piezas que se van a soldar sean mayores que las fuerzas de cohesión entre los átomos del material añadido.

Los efectos de la soldadura resultan determinantes para la utilidad del material soldado. El metal de aportación y las consecuencias derivadas del suministro de calor pueden afectar a las propiedades de la pieza soldada. Deben evitarse porosidades y grietas añadiendo elementos de aleación al metal de aportación, y sujetando firmemente las piezas que se quieren soldar para evitar deformaciones. También puede suceder que la zona afectada por el calor quede dura y quebradiza. Para evitar estos efectos indeseables, a veces se realizan precalentamientos o tratamientos térmicos posteriores. Por otra parte, el calor de la soldadura causa distorsiones que pueden reducirse al mínimo eligiendo de modo adecuado los elementos de sujeción y estudiando previamente la secuencia de la soldadura.

### **Clasificación de los tipos de soldadura**

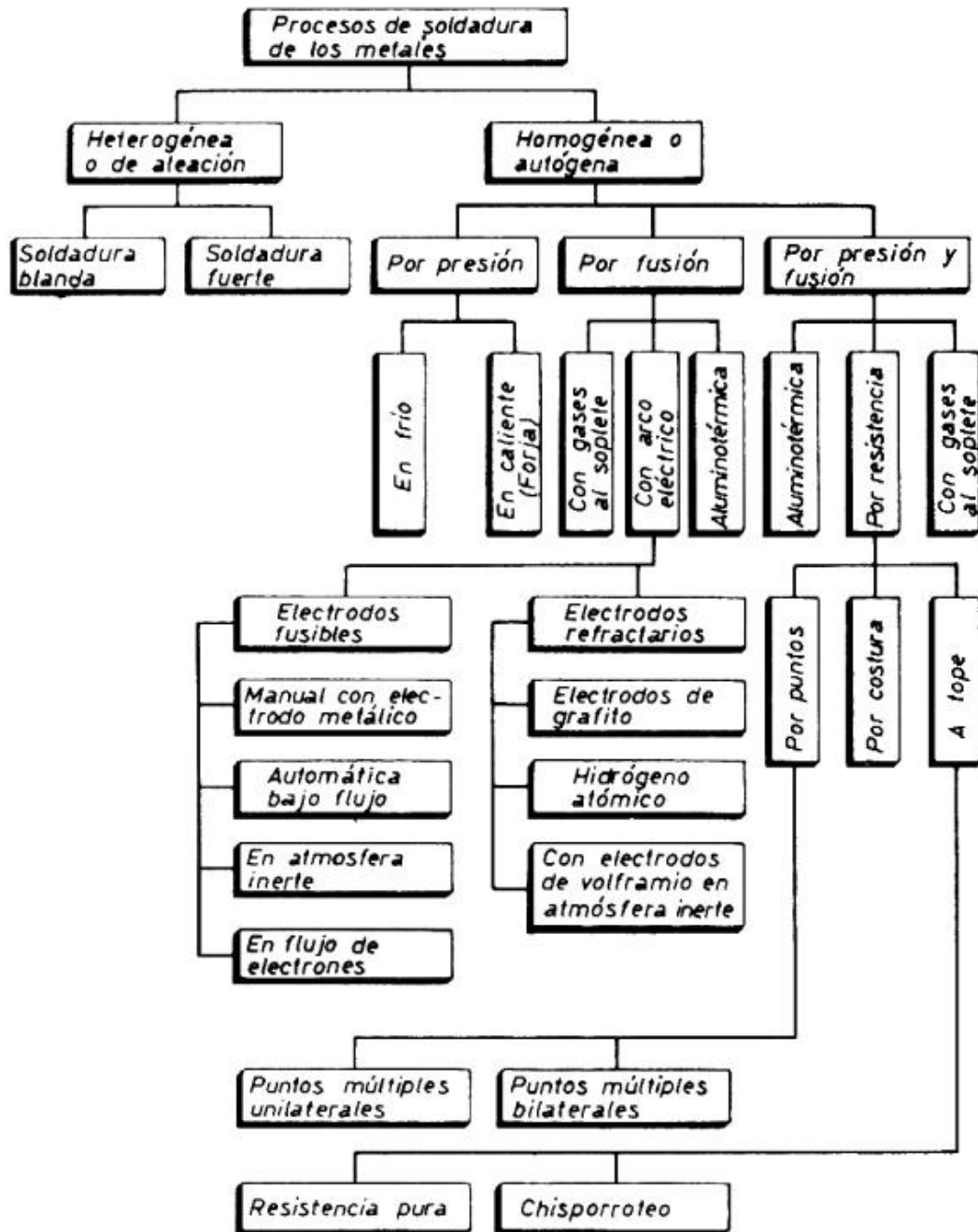
Se pueden distinguir primeramente los siguientes tipos de soldadura:

- Soldadura heterogénea. Se efectúa entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aportación: o entre metales iguales, pero con distinto metal de aportación. Puede ser blanda o fuerte.

- Soldadura homogénea. Los materiales que se sueldan y el metal de aportación, si lo hay, son de la misma naturaleza. Puede ser oxiacetilénica, eléctrica (por arco voltaico o por resistencia), etc. Si no hay metal de aportación, las soldaduras homogéneas se denominan autógenas.

Por soldadura autógena se entiende aquélla que se realiza sin metal de aportación, de manera que se unen cuerpos de igual naturaleza por medio de la fusión de los mismos; así, al enfriarse, forman un todo único.

Etimológicamente, esta expresión quiere decir «engendrada o efectuada por sí misma». Tuvo su origen en Francia hacia la mitad del siglo XIX. Una confusión bastante extendida, que es importante aclarar, es la de denominar como soldadura autógena a la oxiacetilénica - que se estudiará en un apartado posterior-, que sólo lo será cuando se realice sin metal de aportación.



### Soldadura blanda

Esta soldadura de tipo heterogéneo se realiza a temperaturas por debajo de los 400 °C. El material metálico de aportación más empleado es una aleación de estaño y plomo, que funde a 230 °C aproximadamente.

#### Procedimiento para soldar.

Lo primero que se debe hacer es limpiar las superficies, tanto mecánicamente como desde el punto de vista químico, es decir, desengrasarlas, desoxidarlas y posteriormente recubrirlas con una capa de material fundente que evite la posterior oxidación y facilite el



«mojado» de las mismas. A continuación se calientan las superficies con un soldador y, cuando alcanzan la temperatura de fusión del metal de aportación, se aplica éste; el metal corre libremente, «moja» las superficies y se endurece cuando enfría. El estaño se une con los metales de las superficies que se van a soldar. Comúnmente se estañan, por el procedimiento antes indicado, ambas caras de las piezas que se van a unir y posteriormente se calientan simultáneamente, quedando así unidas.

En muchas ocasiones, el material de aportación se presenta en forma de hilo enrollado en un carrete. En este caso, el interior del hilo es hueco y va relleno con la resma antioxidante, lo que hace innecesario recubrir la superficie.

Tiene multitud de aplicaciones, entre las que destacan:

- Electrónica. Para soldar componentes en placas de circuitos impresos.
- Soldaduras de plomo. Se usan en fontanería para unir tuberías de plomo, o tapar grietas existentes en ellas.
- Soldadura de cables eléctricos.
- Soldadura de chapas de hojalata.

Aunque la soldadura blanda es muy fácil de realizar, presenta el inconveniente de que su resistencia mecánica es menor que la de los metales soldados; además, da lugar a fenómenos de corrosión.

## Soldadura fuerte

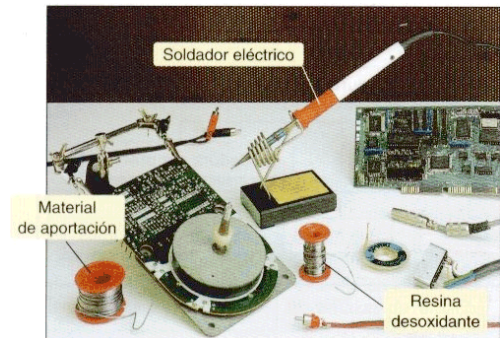
También se llama *dura* o *amarilla*. Es similar a la blanda, pero se alcanzan temperaturas de hasta 800 °C. Como metal de aportación se suelen usar aleaciones de plata, y estaño (conocida como soldadura de plata); o de cobre y cinc. Como material fundente para cubrir las superficies, desoxidándolas, se emplea el bórax. Un soplete de gas aporta el calor necesario para la unión. La soldadura se efectúa generalmente a tope, pero también se suelda a solape y en ángulo.



Este tipo de soldadura se lleva a cabo cuando se exige una resistencia considerable en la unión de dos piezas metálicas, o bien se trata de obtener uniones que hayan de resistir esfuerzos muy elevados o temperaturas excesivas. Se admite que, por lo general, una soldadura fuerte es más resistente que el mismo metal que une.

## La soldadura por presión

La soldadura en frío es un tipo de soldadura donde la unión entre los metales se produce sin aportación de calor. Puede resultar muy útil en aplicaciones en las que sea fundamental no



alterar la estructura o las propiedades de los materiales que se unen. Se puede realizar de las siguientes maneras:

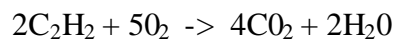
*Por presión en frío o en caliente.* Consiste en limpiar concienzudamente las superficies que hay que unir; y, tras ponerlas en contacto, aplicar una presión sobre ellas hasta que se produzca la unión.

*Por fricción.* Se hace girar el extremo de una de las piezas y, después, se pone en contacto con la otra. El calor producido por la fricción une ambas piezas por deformación plástica.

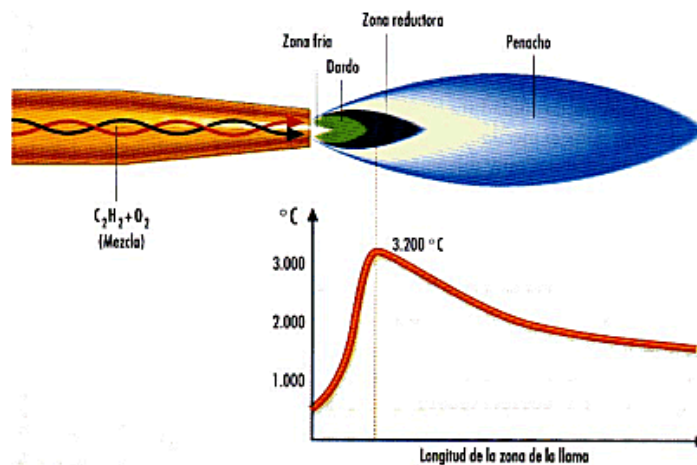
### Soldadura oxiacetilénica (con gases al soplete)

El calor aportado en este tipo de soldadura se debe a la reacción de combustión del acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>): que resulta ser fuertemente exotérmica, pues se alcanzan temperaturas del orden de los 3500 °C.

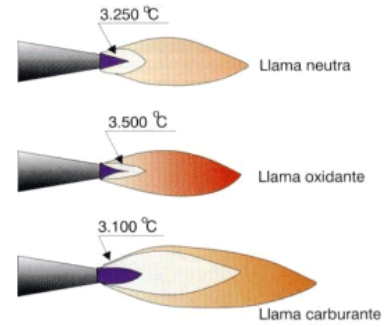
Denominación del gas	Fórmula química	Densidad con relación al aire	m <sup>3</sup> de O <sub>2</sub> para la combustión de 1 m <sup>3</sup> de gas	Temperatura de combustión, en O <sub>2</sub> , en °C.
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,9056	2,5	3200
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,53	5	2750
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0,0695	0,5	2200
Gas natural (metano)	CH <sub>4</sub>	0,56	2	2000



En la llama se distinguen diferentes zonas, claramente diferenciadas: Una zona fría ala salida de la boquilla del soplete donde se mezclan los gases, a continuación el dardo que es la zona mas brillante de la llama y tiene forma de tronco de cono, posteriormente se encuentra la zona reductora que es la parte mas importante de la llama, donde se encuentra la mayor temperatura (puede llegar a alcanzar los 3150 °C) y por último el penacho o envoltura exterior de la llama.

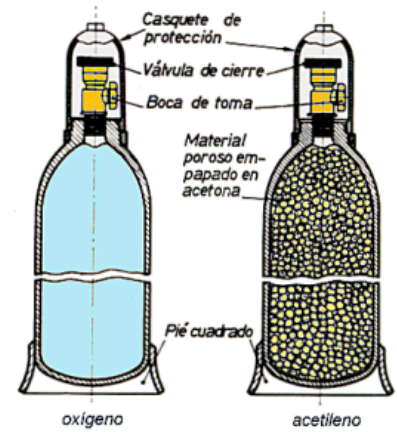


Según la relación oxígeno/acetileno la llama puede ser *oxidante* si tiene exceso de O<sub>2</sub>, es una llama corta, azulada y ruidosa. Alcanza las máximas temperaturas. *Reductora* si tiene falta de O<sub>2</sub>, es un llama larga, amarillenta y alcanza menos temperatura. *Neutra o normal* que es aquella ideal para soldar acero O<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = 1 a 1'14.



Para llevar a cabo esta soldadura es necesario disponer de:

- Una botella de acetileno disuelto en acetona (lo que reduce el riesgo de explosiones indeseables). La botella va provista de válvulas de seguridad, de una llave de cierre y reducción de presión y de un manómetro de control de baja y alta presión. O bien, un generador de acetileno, aparato para producir acetileno a partir del C<sub>2</sub>Ca y el agua.



- Una botella de oxígeno a gran presión provista también de manómetros de control de baja y alta presión, y de válvulas de cierre y reducción. La presión de trabajo se consigue abriendo la válvula de cierre por completo, y la de reducción hasta que el manómetro de baja indique la presión adecuada.



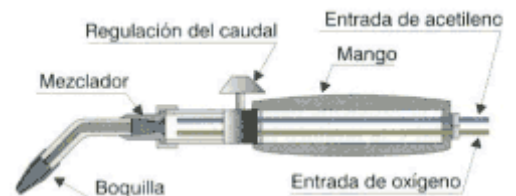
- Como material de aportación se emplean varillas metálicas de la misma composición que el metal que se desea soldar.

- El **desoxidante** depende de la naturaleza de los metales que se sueldan. Suele presentarse en forma de polvo que recubre las varillas del material de aportación.

- Tuberías, por lo general de goma, que conducen el acetileno y el oxígeno hasta el soplete, permitiendo además que éste se pueda mover con facilidad. Suelen ser de distinto color, lo que permite diferenciarlas.



- Soplete. Es el dispositivo en el que se realiza la combustión de la mezcla de acetileno y oxígeno, cuya composición se regula adecuadamente por medio de dos válvulas situadas en la empuñadura. También suele disponer de boquillas intercambiables que permiten trabajar con piezas de distintos grosores.

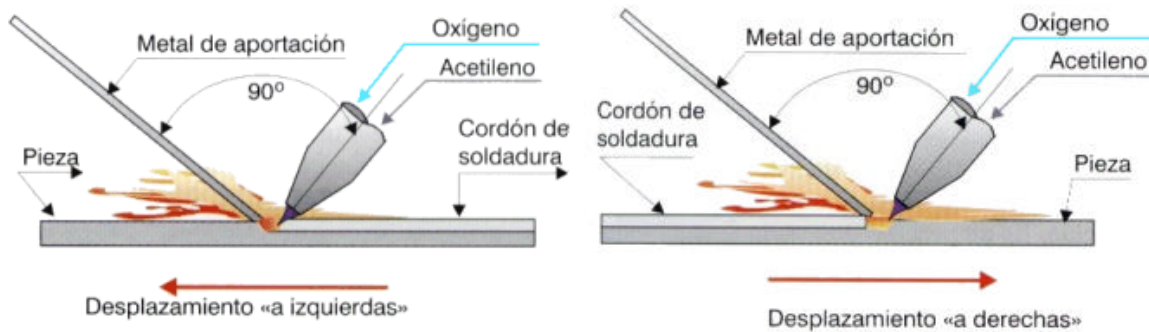


- Material de protección adecuado (gafas protectoras, ropa, guantes...).

- Puesto de trabajo. Suele ser una mesa compuesta por un tablero de material refractario y provista de un soporte para apoyar el soplete. También suele llevar un tornillo de banco para

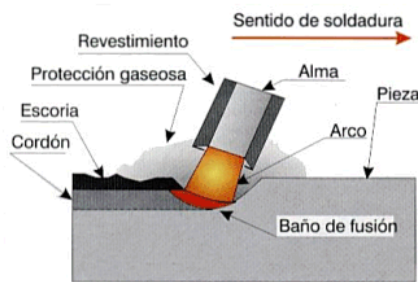
sujetar piezas pequeñas, así como un recipiente con agua para enfriar las piezas que se sueldan.

El procedimiento de soldeo puede ser a izquierda o a derechas.



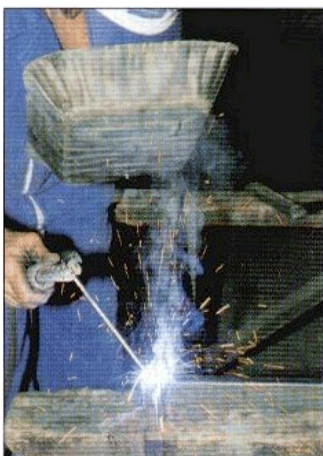
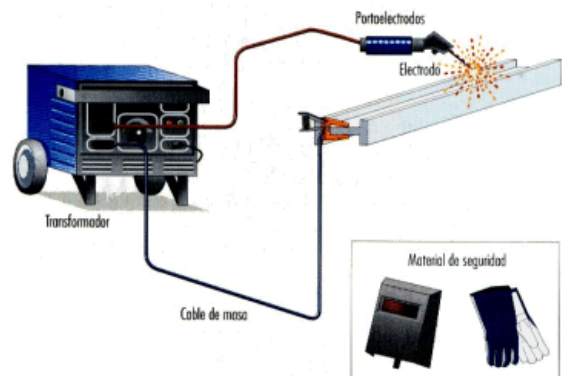
### Soldadura por arco eléctrico

En la actualidad, la soldadura eléctrica resulta indispensable para un gran número de industrias. Es un sistema de reducido coste, de fácil y rápida utilización, resultados perfectos y aplicable a toda clase de metales. Puede ser muy variado el proceso.



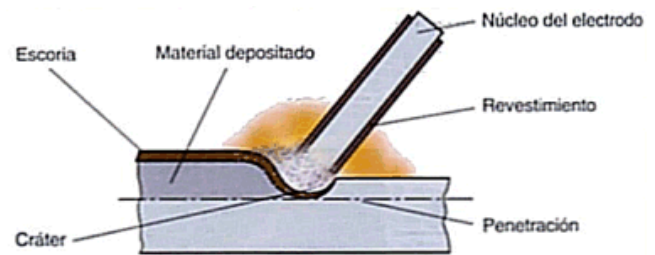
El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico. Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea.

Al ponerse en contacto los polos opuestos de un generador se establece una corriente eléctrica de gran intensidad. Si se suministra la intensidad necesaria, la sección de contacto entre ambos polos -por ser la de mayor resistencia eléctrica- se pone incandescente. Esto puede provocar la ionización de la atmósfera que rodea a la zona de contacto y que el aire se vuelva conductor, de modo que al separar los polos el paso de corriente eléctrica se mantenga de uno a otro a través del aire.



Antes de iniciar el trabajo de soldadura se deben fijar las piezas sobre una mesa o banco de trabajo, de manera que permanezcan inmóviles a lo largo de todo el proceso. Durante la operación, el soldador debe evitar la acumulación de escoria, que presenta una coloración más clara que el metal. El electrodo ha de mantenerse siempre inclinado, formando un ángulo de 15° aproximadamente sobre el plano horizontal de la pieza, y comunicar un movimiento lento en zigzag -de poca amplitud-, para asegurar una distribución uniforme del metal que se va desprendiendo del electrodo.

El arco eléctrico genera un cráter en la pieza. Es fundamental, para que la soldadura presente una penetración eficaz, tener en cuenta la longitud del arco (distancia entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido). Si el arco es demasiado pequeño, la pieza se calienta exageradamente y la penetración resulta excesiva; en ese caso, puede llegar a producirse una perforación peligrosa. Por el contrario, si el arco es demasiado largo, se dispersa parte de su calor, y la penetración resulta insuficiente. El operario soldador ha de ser lo bastante hábil como para mantener el arco a la longitud adecuada. Las temperaturas que se generan son del orden de 3 500 °C.



Este tipo de soldadura puede realizarse con electrodos metálicos o de carbón. Esto ha dado lugar, a lo largo de la historia de la soldadura por arco, a varios procedimientos distintos:

- Procedimiento Zerener. Con este método, de patente alemana, el arco salta entre dos electrodos de carbón, y mediante un electroimán se dirige hacia la junta que se desea soldar para mejorar la aportación de calor.

Actualmente este procedimiento ha caído en desuso, debido a que se forma óxido en la soldadura y a que resulta excesivamente complicada tanto la construcción de los portaelectrodos como la posterior retirada de los mismos.

- Procedimiento Bernardos. Sustituye uno de los electrodos de carbón por la pieza que hay que soldar, de manera que el arco salta entre ésta y el otro electrodo de carbón. Constituye una mejora del método de Zerener, y aún se emplea en algunas máquinas de soldadura automática con corriente continua.

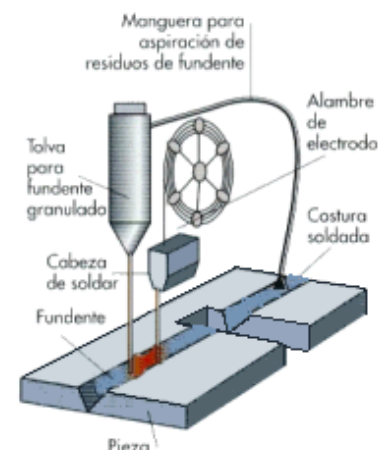
- Procedimiento Slavianoff. Este método, de origen ruso y que data de 1891, realiza la soldadura mediante el arco que salta entre la pieza y un electrodo metálico. Estas soldaduras son bastante deficientes, pues se oxidan con el oxígeno del aire.

- Procedimiento Kjellberg. Finalmente, en el año 1908, Kjellberg comenzó a utilizar electrodos metálicos recubiertos de cal. Este revestimiento, aunque no es el más adecuado, mejora mucho la soldadura. Efectivamente, la idea respondió al fin deseado, de manera que en la actualidad se están obteniendo importantes avances en la investigación de recubrimientos apropiados (recubrimiento ácido, básico, oxidante, de rutilo...) para los electrodos, que son cada vez más gruesos y completos. El recubrimiento, además, tiene otros fines como son: añadir elementos de aleación al baño fundido, formar una escoria fluida, estabilizar el arco, etc.

Todos estos procedimientos son manuales pero hay otros procedimientos semiautomáticos o totalmente automáticos.

### Soldadura por arco sumergido

Utiliza un electrodo metálico continuo y desnudo. El arco se produce entre el alambre y la pieza bajo una capa de fundente granulada que se va depositando delante del arco. Tras la soldadura se recoge el fundente que no ha intervenido en la operación.

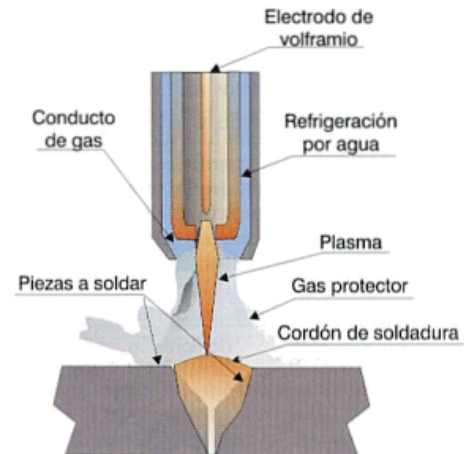
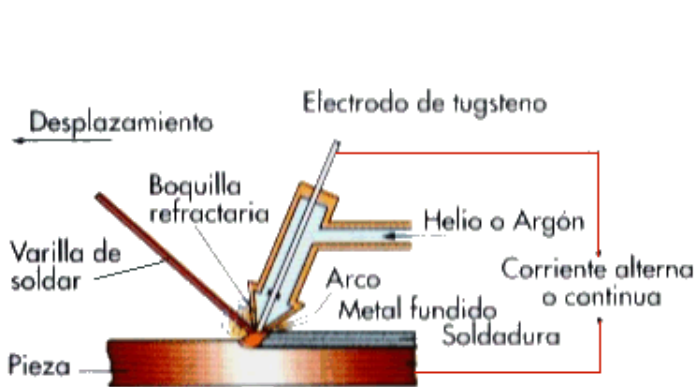


### Soldadura por arco en atmósfera inerte

Este procedimiento se basa en aislar el arco y el metal fundido de la atmósfera, mediante un gas inerte (helio, argón, hidrógeno, anhídrido carbónico, etc.).

Existen varios procedimientos:

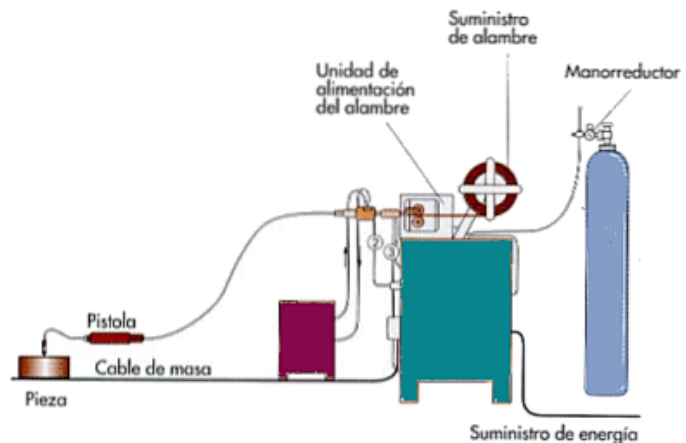
- Con electrodo refractario (método **TIG**).



El arco salta entre el electrodo de Wolframio o tungsteno (que no se consume) y la pieza, el metal de aportación es una varilla sin revestimiento de composición similar a la del metal base.

- Con electrodo consumible (método **MIG** y **MAG**).

Aquí se sustituye el electrodo refractario de wolframio por un hilo de alambre continuo y sin revestimiento que se hace llegar a la pistola junto con el gas. Según sea el gas así recibe el nombre, (MIG = **Metal Inert Gas**) o MAG si utiliza anhídrido carbónico que es mas barato.



La soldadura por arco eléctrico puede realizarse empleando corriente continua o alterna. La tensión más ventajosa en corriente continua es de 25 a 30 voltios, pero para cebar el arco al comenzar la tensión ha de ser de 70 a 100 voltios; por este motivo, es necesario intercalar una resistencia en serie que haga de regulador. La intensidad de corriente está comprendida entre 30 y 300 amperios, según la amplitud y la profundidad de la soldadura que se vaya a realizar. Las máquinas de corriente alterna para soldadura llevan un transformador que reduce la tensión de la red, generalmente de 220 voltios, a la de soldadura (inferior a

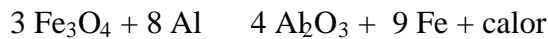




70 voltios). Estos equipos son más sencillos y económicos; por eso son los más empleados, sobre todo para algunos trabajos que se realizan en pequeños talleres.

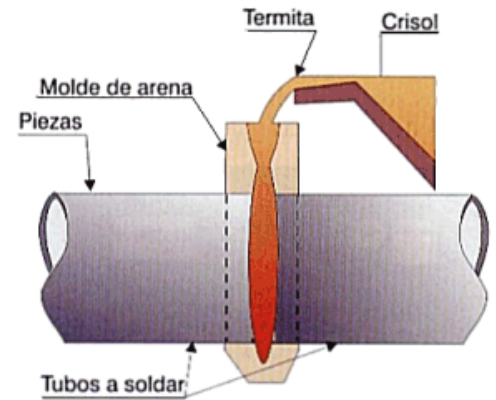
### Soldadura aluminotérmica o con termita

Utiliza como fuente de calor para fundir los bordes de las piezas a unir y metal de aportación el hierro líquido y sobrecalentado que se obtiene de la reacción química que se produce entre el óxido de hierro y el aluminio de la cual se obtiene la alúmina (óxido de aluminio), hierro y una muy alta temperatura.



La alúmina forma una escoria en la parte superior de la unión evitando la oxidación.

Para efectuar la soldadura se realiza un molde de arena alrededor de la zona de soldadura y se vierte el metal fundido en él.



### Procedimientos de energía radiante

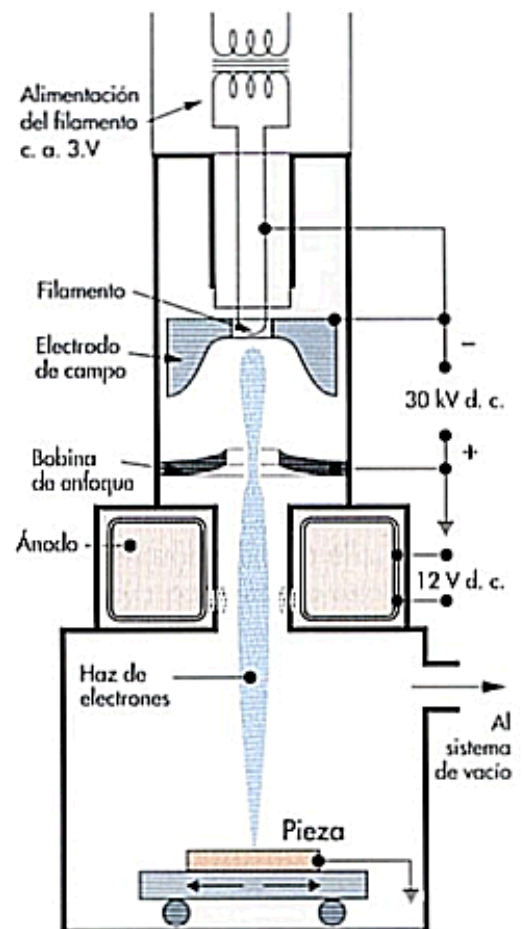
Un reducido número de procesos utilizan para la soldadura energía radiante. Su importancia, dentro del volumen total del producto industrial es todavía muy reducida; pero merecen ser destacados por lo que aportan de perspectiva de futuro.

Lo que caracteriza a estos procedimientos es su extraordinario poder para aportar la energía en la zona exacta donde se necesita, mediante el enfoque de la fuente radiante sobre el objeto que se va a soldar. Como consecuencia se reduce al mínimo la zona afectada por la unión, no produciendo deformaciones apreciables.

Por todo ello, y como excepción en los procesos de soldadura, estos procedimientos aparecen como procesos de acabado, ejecutados como últimos pasos de la fabricación.

De todos ellos, el único que ya ha tomado forma de procedimiento industrial es la soldadura por haz de electrones.

El procedimiento se basa en aprovechar la energía cinética de un haz de electrones para bombardear la pieza en la zona que se desea fundir. El proceso tiene lugar en una cámara de vacío a partir de un cañón de electrones.



## Soldadura por resistencia eléctrica

Este tipo de soldadura se basa en el efecto Joule: el calentamiento se produce al pasar una corriente eléctrica a través de la unión de las piezas. El calor desprendido viene dado por la expresión:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

siendo:

**Q** = calor (en calorías).

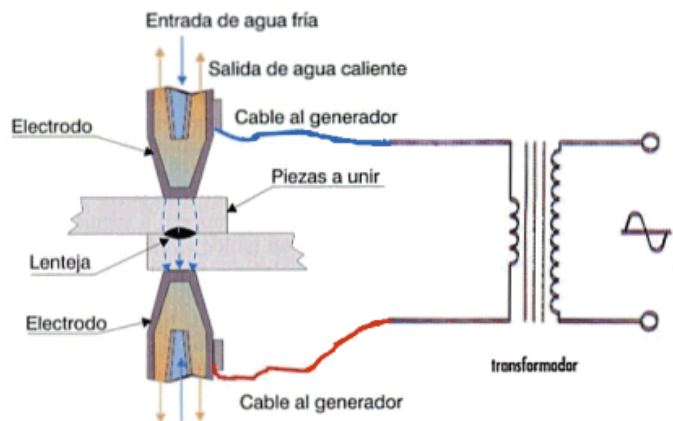
**I** = intensidad de corriente eléctrica (en amperios).

**R** = resistencia (en ohmios) al paso de la corriente eléctrica.

**t** = tiempo (en segundos).

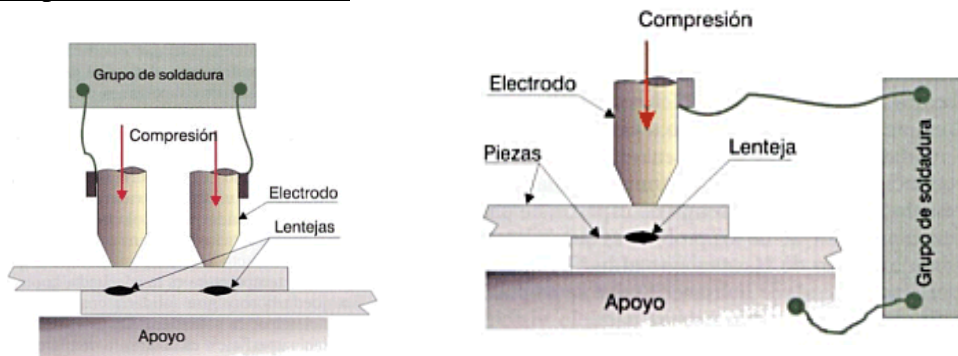
La soldadura por resistencia puede realizarse de las siguientes maneras:

- Por puntos. Las piezas -generalmente chapas- quedan soldadas por pequeñas zonas circulares aisladas y regularmente espaciadas que, debido a su relativa pequeñez, se denominan puntos. Las chapas objeto de unión se sujetan por medio de los electrodos y, a través de ellos, se hace pasar la corriente eléctrica para que funda los puntos. Cuando se solidifican, la pieza queda unida por estos puntos, cuyo número dependerá de las aplicaciones y de las dimensiones de las chapas que se unen.

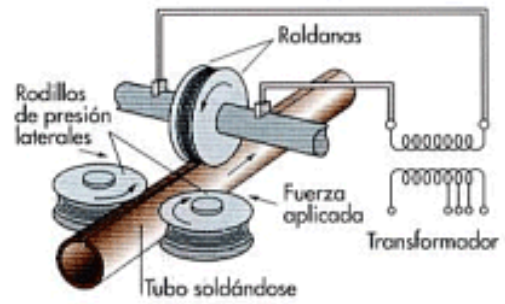


Este tipo de soldadura por puntos tiene gran importancia en la industria moderna, sobre todo en chapa fina. Se emplea en la fabricación de carrocerías de automóviles, electrodomésticos (por ejemplo, neveras), y en las industrias eléctrica y de juguetería.

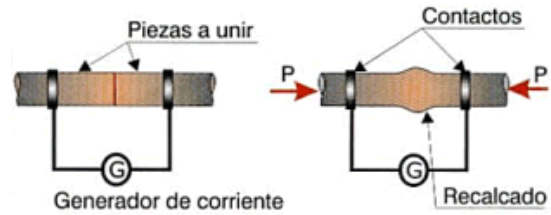
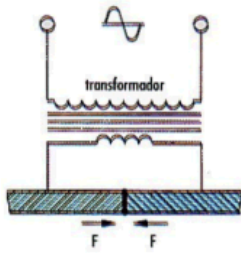
Existen algunas variantes de la soldadura por puntos: por puntos individuales, por puntos múltiples, bilateral, unilateral, etc.



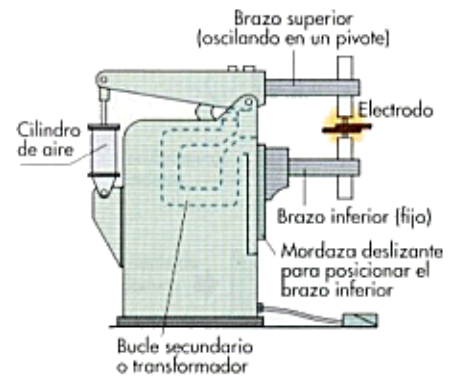
- Por costura. La soldadura eléctrica por costura se basa en el mismo principio que la soldadura por puntos, pero en este caso las puntas de los electrodos se sustituyen por rodillos, entre los cuales y, presionadas por el borde de éstos, pasan las piezas a soldar. De esta manera se puede electrodos mientras pasa la corriente eléctrica.



- A tope. Las dos piezas que hay que soldar se sujetan entre unas mordazas por las que pasa la corriente, las cuales están conectadas a un transformador que reduce la tensión de red a la de la soldadura. Las superficies que se van a unir, a consecuencia de la elevada resistencia al paso de la corriente que circula por las piezas, se calientan hasta la temperatura conveniente para la soldadura. En este momento se interrumpe la corriente, y se aprietan las dos piezas fuertemente una contra otra. Una variante de este método es no ejercer presión sino dejar que entre las piezas se realicen múltiples arcos eléctricos, llamado por chisporroteo.



En este momento se interrumpe la corriente, y se aprietan las dos piezas fuertemente una contra otra. Una variante de este método es no ejercer presión sino dejar que entre las piezas se realicen múltiples arcos eléctricos, llamado por chisporroteo.



Durante la soldadura conviene refrigerar las mandíbulas de las mordazas.

También se puede realizar el calentamiento de las zonas a unir con gases y posteriormente ejercer presión (a tope con gases).

