

La principal ventaja de este tipo de máquinas no está tanto en la facilidad de soldadura que aporta el operario como en su versatilidad, al poder trabajar con un elevado número de materiales sin necesidad de cambiar la máquina.



Selector de material y diámetro del hilo en una máquina sinérgica

Máquinas inverter

La tecnología *inverter* se asienta en un sistema electrónico de transformación y control de la tensión de alimentación que, aplicado a los equipos de soldar, permite conseguir fuentes de energía potentes, dotadas de funciones sofisticadas, y de dimensiones y peso reducido. Así pues, son equipos más manejables para el usuario.

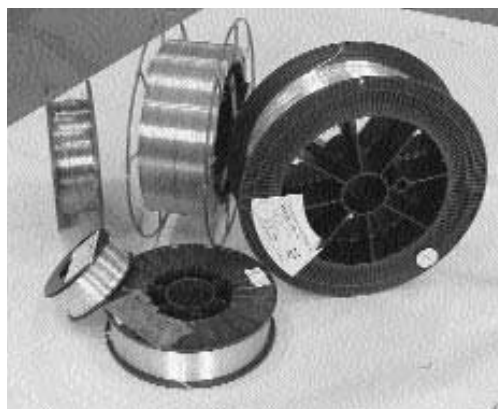


Máquina de tecnología inverter

3.6. Consumibles empleados en la soldadura MIG/MAG

En buena medida, la calidad de un cordón de soldadura o de una unión soldada vendrá dada por la calidad de los materiales consumibles empleados en el proceso de soldeo. Los materiales consumibles, tanto el gas como el material de aportación, deberán ser elegidos atendiendo a diferentes criterios, entre los cuales el material a soldar, la posición de soldeo y la responsabilidad de la unión soldada son fundamentales.

3.6.1. Material de aportación



Diferentes tipos de hilos

El material de aportación, o electrodo, consiste en un hilo macizo y continuo, que debe cumplir una serie de características básicas: ha de contener en su composición, al menos, uno de los metales que forman la aleación del metal base y sus características mecánicas deben ser, por lo general, iguales o superiores a las del metal base.

Se presenta enrollado en bobinas de diferentes pesos y tamaños, siendo las más usuales de 15 kg, en el caso de los aceros, y de 5 kg, en el de los metales ligeros para los equipos empleados en reparación. Excepcionalmente, para instalaciones totalmente automatizadas, se puede llegar hasta los 100 kg de peso.

Los diámetros en que se presenta, habitualmente, son 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 y 1.6 mm, alcanzando en soldeos de fuerte intensidad los 2.4 mm. En cualquier caso, la elección del diámetro de hilo definirá, en gran medida, la calidad de la unión, pues del mismo dependerá la intensidad de soldadura con la que se trabajará. Su elección estará en consonancia con el espesor del material base a soldar.

Dado el pequeño diámetro de estos hilos, su relación superficie/volumen es muy alta, por lo que pequeñas capas de polvo, suciedad, etc., pueden suponer un importante inconveniente para la soldadura, de ahí que sea muy importante su limpieza.

Los hilos de acero se presentan cobreados para protegerlos de la oxidación y mejorar su contacto eléctrico, beneficiando la pequeña cantidad de cobre la estabilidad del arco.

3.6.2. Gases de protección

La principal función del gas de protección es aislar tanto al electrodo como al baño de fusión del contacto con gases de la atmósfera circundante, como O_2 , N_2 y H_2 , contacto que perjudicaría la calidad final de la soldadura. La elección del gas de protección estará en función del tipo de material a soldar, relacionado estrechamente con el modo de transferencia, la penetración y la forma del cordón.

Los gases utilizados se dividen en dos grandes grupos: activos, que reaccionan químicamente, e inertes, carentes de toda reacción química. En función de un tipo de gas u otro, se hablará de un proceso de soldadura MAG (*Metal Active Gas*) o MIG (*Metal Inerte Gas*).

NATURALEZA DE LOS GASES DE PROTECCIÓN	
GASES INERTES	GASES ACTIVOS
Argón (Ar)	Dióxido de Carbono (CO_2)
Helio (He)	Hidrógeno (H_2)
	Oxígeno (O_2)
	Nitrógeno (N_2)

Es práctica común no recurrir al empleo de estos gases puros, existiendo mezclas comerciales pensadas para facilitar el proceso de soldeo y mejorar los resultados finales. Las mezclas más usuales en este campo aparecen reflejadas en la siguiente tabla:

GASES DE PROTECCIÓN USUALES

GASES INERTES (MIG)	GASES ACTIVOS (MAG)
Ar	Ar + CO ₂ (15 ÷ 25% CO ₂)
He	Ar + CO ₂ + O ₂ (15 ÷ 25% CO ₂ / 5% O ₂)
Ar + He	Ar + O ₂ (5% O ₂)
	Ar + He + CO ₂ + O ₂

Para los metales o aleaciones fácilmente oxidables, como puede ser el aluminio, han de emplearse, exclusivamente, gases inertes.

El caudal de utilización del gas resulta fundamental a la hora de obtener un buen cordón de soldadura. Un caudal insuficiente de gas da lugar a una protección insuficiente. Por el contrario, un caudal excesivo puede dar origen a turbulencias y rebotes del gas contra el metal a soldar, lo que puede originar la entrada del propio gas y del aire en el baño de fusión, de forma que se originan porosidades internas en el cordón de soldadura. A modo de regla empírica, el caudal de gas, en condiciones normales, viene determinado por la siguiente expresión:



Medición del caudal con caudalímetro de esfera

$$Q = 10 \times d \text{ (l/min)}$$

Donde: Q = caudal de gas (l/min)
d = diámetro del hilo (mm)

Siendo el caudal de gas usado para el caso del aluminio ligeramente mayor.

En el siguiente cuadro, se reseñan las principales características de los gases más utilizados en la soldadura MIG/MAG.

CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES	
GASES	PROPIEDADES
ARGÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Alta densidad • Fácil cebado del arco • Buena estabilidad del arco • Económico • Idóneo para pequeños espesores
HELIO	<ul style="list-style-type: none"> • Baja densidad • Menor estabilidad del arco • Elevado aporte térmico • Idóneo para grandes espesores
ANHÍDRIDO CARBÓNICO	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste • Elevada penetración • Produce salpicaduras • No se puede conseguir transferencia en <i>spray</i>

3.7. Técnicas de soldadura MIG/MAG en la reparación de carrocerías

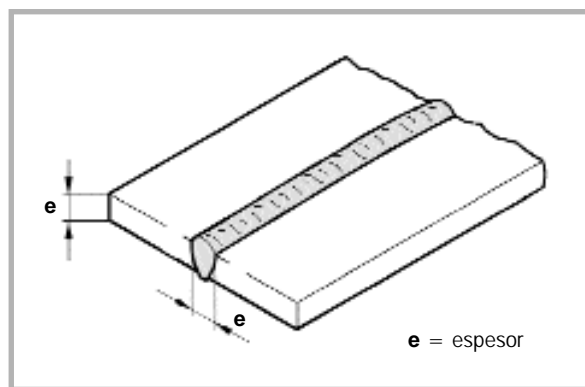
La técnica de aplicación de la soldadura MIG/MAG en los diferentes procesos de reparación de carrocerías es fundamental para obtener un resultado de calidad.

Optar por una técnica u otra dependerá de diversas circunstancias: accesibilidad y geometría de la zona a soldar, técnica de unión de la pieza, tipo de operación (sustitución completa o parcial, por ejemplo), longitud y geometría de la línea de ensamblaje, etc.

Las técnicas empleadas de forma habitual son:

- *Soldadura a tope*
- *Soldadura a solape*
- *Soldadura a tapón*

3.7.1. Soldadura a tope



Unión a tope de dos chapas

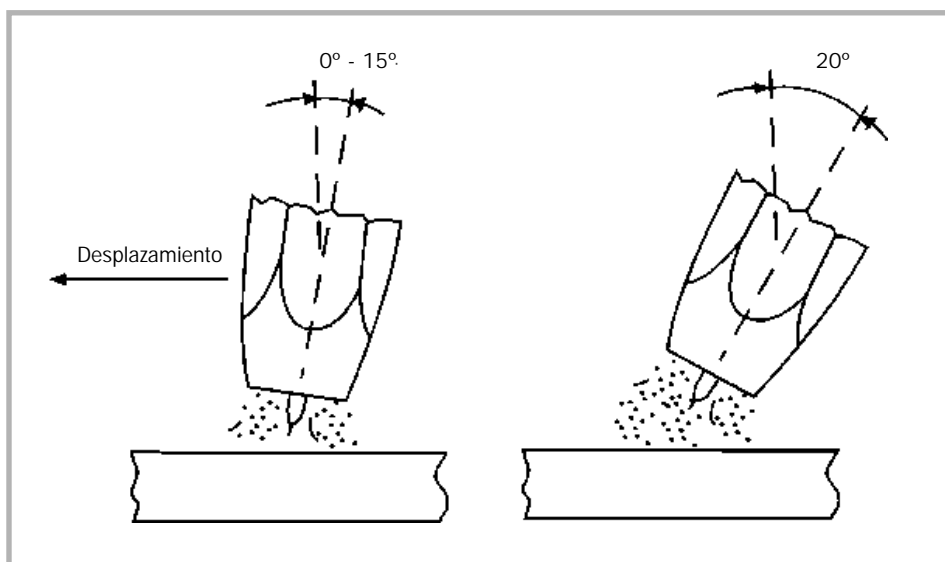
La soldadura por unión a tope será aquella en la que las piezas a unir se posicionen enfrentadas y con sus bordes perfectamente alineados, dejando una separación entre las chapas, aproximadamente, igual a su espesor.

En los casos de piezas excesivamente gruesas, es conveniente realizar un chaflán en sus bordes en forma de V o de X para asegurar la penetración del cordón.

Para realizar la soldadura es necesario mantener una posición correcta de la antorcha, con una inclinación aproximada de unos 15° a 20° , asegurando de esta forma la cobertura de la soldadura mediante el gas protector.

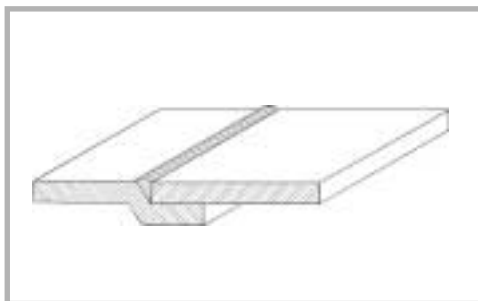
La dirección de soldadura estará en función del material y del espesor de la pieza a soldar. Si se suelda acero o metales similares, la dirección de soldadura no será determinante, si bien es recomendable efectuar la soldadura de derecha a izquierda, pues, aunque la cantidad de material depositado es menor, se obtiene una velocidad de soldadura elevada y un excelente aspecto del cordón. Por el contrario, en la soldadura de izquierda a derecha, la calidad de la unión es inferior, dando lugar a un mayor calentamiento del cordón y una mayor deposición del material en exceso. El primer tipo de soldadura es recomendable en la mayoría de los casos, pero necesaria cuando se trata de chapas de pequeño espesor, como sucede con la carrocería.

En materiales como el aluminio, se hace obligatorio realizar la soldadura de derecha a izquierda.



Posicionamiento de la antorcha

3.7.2. Soldadura a solape



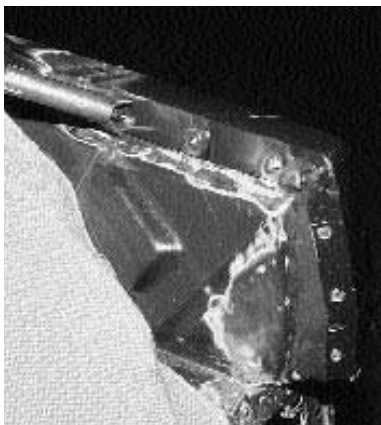
Unión a solape

Las uniones a solape se producen al situar una de las chapas por debajo de la otra, ejecutándose la soldadura en ángulo a lo largo del borde de la chapa superior. La soldadura propiamente dicha no difiere en esencia de lo comentado en el caso anterior para la unión a tope.

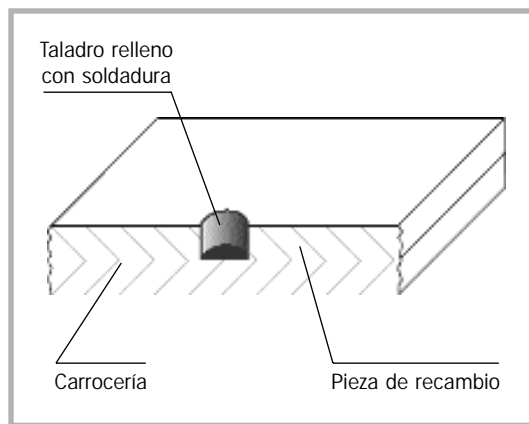
3.7.3. Soldadura a tapón

La soldadura por puntos a tapón es una alternativa interesante a la soldadura de puntos por resistencia en aquellas zonas en las que no exista la accesibilidad necesaria para la pinza de soldar o el espesor a soldar no permita utilizar la máquina de puntos por resistencia.

Consiste en soldar dos chapas superpuestas, a través de orificios previamente ejecutados en la superior. El tamaño de estos orificios estará en consonancia con los requisitos estructurales exigibles a la unión. En la reparación de carrocerías, es suficiente con un diámetro de 6 mm.



Soldadura por puntos a tapón en una aleta



Los orificios pueden realizarse directamente con una broca, aunque existen sacabocados especiales para esta función.

En cualquier caso, esta soldadura no hay que entenderla como un sustituto a la de puntos por resistencia, debido a la dificultad que supone eliminar estos puntos en posteriores reparaciones.

3.8. Defectos de la soldadura

La determinación de lo correcto o incorrecto de una soldadura nunca puede hacerse en virtud del aspecto externo del cordón, sino que es preciso tener presentes los posibles defectos internos, siendo, en muchos casos, éstos los que condicionan en gran medida los resultados finales. Por ello, resulta interesante clasificar los defectos en externos e internos.

3.8.1. Defectos externos

Son aquéllos que afectan a la superficie exterior de la unión soldada; su determinación es sencilla y, salvo en casos muy concretos, se observan a simple vista:

- **Deformaciones en la superficie de las piezas**

Es tal vez uno de los defectos más habituales al trabajar sobre chapa delgada. Intensidades de soldadura demasiado elevadas provocan el calentamiento de las piezas, siendo frecuente su aparición al realizar cordones de soldadura demasiado largos.

La forma de solucionarlo es puntear la zona a unir, soldando con cordones más o menos cortos y, en los casos en que se utilice un segundo cordón, alternando la soldadura por los dos lados de la unión.

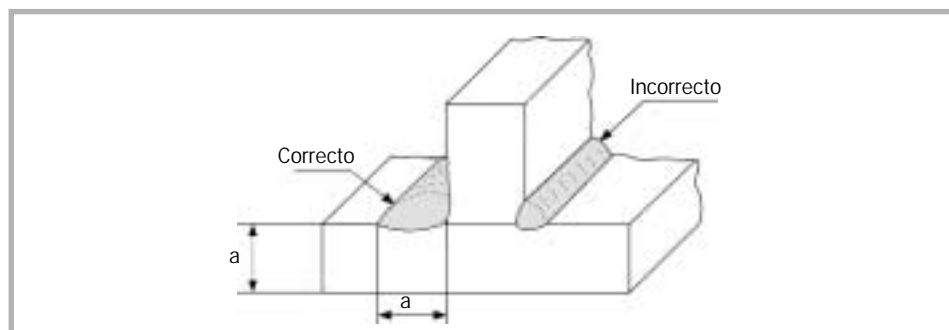
En algunos casos, un martilleo del cordón provoca la eliminación de las posibles tensiones residuales que pudieran provocar las deformaciones de las piezas.

Un calentamiento previo de la pieza compensará las posibles tensiones existentes entre las zonas frías y calientes.

- **Falta de resistencia del cordón**

Se genera en aquellas soldaduras entre piezas en ángulo y es causada por la necesidad de un tamaño mínimo de garganta en la unión.

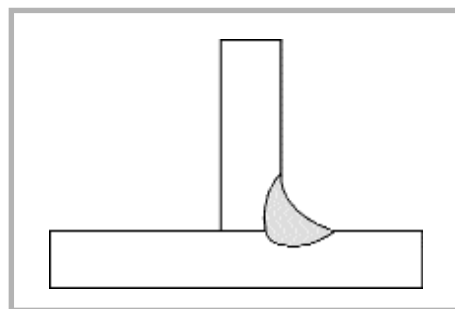
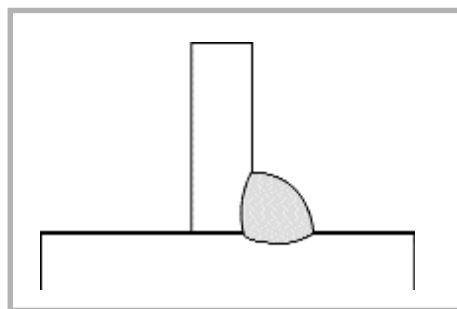
Falta de resistencia del cordón



- **Cordón convexo o cóncavo**

En ambos casos, existe peligro de rotura de la soldadura, al aparecer una zona de aristas vivas en la que se produce una acumulación de tensiones, dando lugar al denominado *efecto de entalla*.

El cordón convexo aparece debido a una intensidad de soldadura excesivamente baja, que da origen a un abultamiento del cordón. Por el contrario, el cordón cóncavo es provocado por una intensidad de soldadura excesivamente alta, que hace que el cordón tienda a hundirse en su superficie.



Cordones cóncavo y convexo

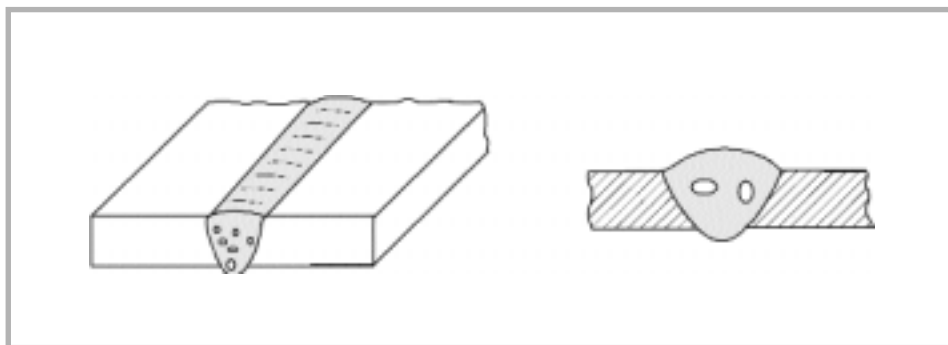
3.8.2. Defectos internos

Los defectos internos son los que más deben preocupar al soldador pero, como no afloran a la superficie del cordón, determinar su existencia a simple vista resulta imposible.

Por ello, es importante que el chapista conozca la existencia de estos defectos y sus causas, a fin de orientar tanto la regulación de la máquina como la ejecución de la soldadura y evitar su aparición.

- **Porosidades**

Un poro es una cavidad provocada por la entrada de gas al lecho de fusión durante el proceso de soldadura. Puede ser de dos tipos: esférico o alargado.



Porosidades en el interior de un cordón de soldadura

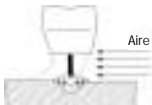

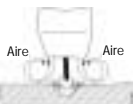
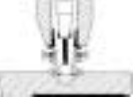

En los casos en los que las porosidades tengan una forma esférica, su importancia se reduce, aumentando, por el contrario, en aquellos casos en los que la porosidad sea alargada. En cualquier caso, su presencia aislada es admisible, siempre que su tamaño no sea excesivo, mientras que la acumulación de poros puede provocar la ruptura de la unión.

Las causas más probables de formación de poros están en la forma en que se realiza el proceso de soldadura, apareciendo, normalmente, por las siguientes razones:

DEFECTO: Formación de poros por proceso de soldadura inadecua-

CAUSAS	SOLUCIONES
Tensión de soldadura excesivamente alta.	Disminuir la tensión de soldadura o aumentar la velocidad de desplazamiento de la antorcha.
Material base contaminado.	Eliminar cualquier resto de suciedad.
Velocidad de soldeo inadecuada.	Adecuar la velocidad a la tensión de soldadura.
Materiales consumibles inadecuados o contaminados.	Elección de los consumibles de la manera adecuada, respecto de los materiales a soldar como a la responsabilidad estructural de la unión.

DEFECTO: Formación de poros por protección gaseosa insuficiente

CAUSAS	SOLUCIONES
 <p>Las corrientes de aire dan lugar a una protección ineficaz del gas.</p>	Evitar las corrientes de aire, o aumentar el caudal de gas en posiciones difíciles.
 <p>Caudal insuficiente de gas, que da origen a entradas de aire atmosférico.</p>	Adecuar el caudal de gas a cada procedimiento y posición de soldadura.
 <p>Turbulencias provocadas por una inadecuada distancia entre la boquilla y la pieza.</p>	Adecuar la distancia de la antorcha al caudal de gas y a la posición de soldadura.
 <p>Boquilla obturada con proyecciones de materiales.</p>	Limpieza periódica de la boquilla.
 <p>Inclinación excesiva de la pistola, que da origen a entradas de aire.</p>	Situar la pistola con la inclinación más adecuada.