

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



**SOLDADURA DE FUNDICIÓN DÚCTIL CON
FUNDICIÓN GRIS Y APORTE DE VARILLA DE
NÍQUELAL 98% PROCEDIMIENTO TIG**

PROYECTO FINAL DE GRADO

Presentado por:

D. Raul Moreno Rodríguez

Especialidad:

Mecánica

Dirigido por:

D. Manuel Pascual Guillamón

Valencia, 14/09/2016

Soldadura TIG

ÍNDICE

1. Objetivo.....	4
2. Introducción.....	6
3. Soldadura TIG.....	8
3.1. Descripción del equipo.....	9
3.1.1. Unidad de alimentación.....	9
3.1.2. Manguera y antorcha.....	9
3.1.3. Conexión de la antorcha.....	10
3.2. Tipos de electrodo.....	10
3.3. Gas de protección.....	11
3.4. Regulación del equipo.....	11
3.5. Proceso de soldadura.....	12
4. Adquisición de probetas y observación de la micrografía de las distintas fundiciones a soldar.....	12
5. Casos de soldadura a distintas temperaturas.....	15
6. Ensayos llevados a cabo para estudiar la soldadura.....	17
6.1. Ensayo de tracción.....	18
6.2. Ensayo de flexión.....	26
6.3. Ensayo de microdureza.....	27
7. Conclusiones.....	29
8. Pliego de condiciones.	31
8.1. Defectos producidos en el cordón por la longitud del arco.	31

8.1.1. Extinción del arco.....	31
8.2. Metal de aportación en el arco.....	32
8.2.1. El transporte del material en el arco.....	32
8.2.2. Protección del material en su desplazamiento.....	34
8.2.3. Estabilización del arco.....	35
8.3. Intensidad de corriente.....	35
8.3.1. Intensidad de corriente demasiado elevada.....	36
8.3.2. Intensidad de corriente poco elevada.....	36
8.4. Radiaciones producidas por el arco.....	38
8.5. Causa de protección de la soldadura.....	40
8.5.1. Corriente eléctrica.....	40
8.5.2. Calor.....	42
8.5.3. Peligro mecánico.....	42
9. Presupuesto.....	43
9.1. Introducción.....	43
9.2. Cuadro de precios elementales.....	44
9.2.1. Cuadro de precios descompuestos.....	45
9.2.2. Resumen presupuesto total.....	48
10. Bibliografía.....	50

1. OBJETIVO

En el trabajo llevado a cabo, se realizará un estudio mediante soldadura TIG empleando como material de aporte Ni al 98% y Fe al 2%, entre probetas de fundición gris (laminar) y dúctil (nodular) sometidas, posteriormente, a ensayos de tracción, flexión y microdureza, con el fin de examinar distintas características, como la penetración del material o la resistencia del cordón de soldadura. Este estudio lo llevaremos a cabo partiendo de distintos casos de precalentamiento (antes de soldar) y recocido (después de soldar) de las probetas. Tener en cuenta que el precalentamiento podrá reducirse cuando se utilice material de aporte que sea muy dúctil. Dicho material de aporte, tendrá como base níquel balanceado con hierro, el cual es el más usado en las fundiciones, tanto grises, dúctiles o maleables y tanto en frío como en caliente. Se consigue gran calidad de juntas de gran espesor, restricción de movimientos y gracias al níquel, se evita la formación de carburos.

Como he comentado anteriormente, se soldaran probetas de fundición gris con probetas de fundición dúctil.

- Fundición gris (laminar):

Este tipo de fundición es la más frecuente ya que presenta más de un 90% de todas las fundiciones. Son aquellas donde el carbono aparece en forma de grafito debido a que solidifican según el diagrama estable hierro-carbono, lo que significa que la fundición deberá poseer un alto contenido de silicio, normalmente entre un 2 y 3% y seguir una velocidad de enfriamiento muy lenta.

Por lo tanto, los principales factores que favorecen la solidificación estable y por lo tanto la formación de fundición gris, son:

- En una misma fundición, dependiendo de las condiciones de enfriamiento, puede solidificar como fundición blanca o fundición gris. Para la obtención de fundición gris, la velocidad de enfriamiento será más lenta cuanto mayor sea el tamaño de la pieza o mejor aún, la solidificación será más lenta cuanto mayor módulo másico tenga (relación volumen/área superficial). Sin embargo cuanto mayor sea la velocidad de solidificación, se formará fundición blanca.
- El efecto estable de los elementos grafitizables es diluir los preagrupamientos atómicos hierro-carbono para que no produzcan posteriormente cementita.

Por otra parte, las propiedades mecánicas de toda fundición gris van a estar determinadas por tres factores fundamentales:

- Ausencia de carburos.
 - La forma, el tamaño y la distribución del grafito.
 - La microestructura de la fase matriz.
- Fundición dúctil (nodular):

Este tipo de fundición se caracteriza por presentar el grafito en forma de pequeñas esferas. Esto se debe a la adición de elementos inoculantes, principalmente magnesio (Mg) que favorecen la cristalización radial del grafito. Dicha forma radial del grafito le aporta a este tipo de fundiciones

unas propiedades metálicas comparables, en cuanto a resistencia mecánica, a la de los aceros.

El paso de grafito laminar a grafito esferoidal se traduce en un fuerte aumento de la resistencia mecánica, así como de una mayor ductilidad, debido a que el cambio de morfología reduce considerablemente la concentración local de tensión.

2. INTRODUCCIÓN

La soldadura es un proceso de unión “irreversible” entre dos piezas metálicas de igual o distinta naturaleza, con o sin aporte de material, en el que se obtiene una pieza (superficie) continua. Esta unión se puede realizar con o sin aportación de calor y con o sin aplicación de presión. El desarrollo de la soldadura y de sus procedimientos es continuo y vertiginoso, cada uno de ellos con distintas ventajas e inconvenientes.

Realizamos una división en cuatro grandes grupos de los procedimientos de soldadura empleados con mayor frecuencia:

- Soldadura por fusión
- Soldadura sin fusión
- Soldadura fuerte
- Soldadura blanda

La soldadura por fusión agrupa una serie de procedimientos en los cuales la unión de los metales se efectúa a una temperatura superior a la de líquido del metal base y del de aportación, presentando por tanto una fase líquida.

La soldadura sin fusión es el procedimiento de soldadura en el cual la característica principal es la ausencia de la fase líquida. En algunos de los procesos que incluye se usa el calor para elevar la temperatura, pero sin llegar a fundir.

Cuando se realiza un proceso de soldadura, ésta puede ser homogénea o heterogénea. La homogénea realiza la unión de piezas de composición muy similar en oposición a la heterogénea, que une materiales de distinta composición.

La soldadura fuerte es un método de soldeo versátil que proporciona además una gran resistencia a la unión y si la soldadura se lleva a cabo con material de aporte, la unión puede tener características resistentes incluso mayores que las del material base. A diferencia de la soldadura por fusión, en esta se emplean temperaturas menores, de manera que no se produce la fusión del material base y por lo tanto no se distorsiona la geometría de las piezas y tampoco crean temperaturas residuales peligrosas.

Finalmente la soldadura blanda se caracteriza porque el material de aporte debe fundir a una temperatura inferior a 450°C, además de estar por debajo también del punto de fusión del material base. Es utilizado para uniones que no vayan a estar sometidas a esfuerzos y temperaturas elevadas.

A continuación, se muestran ejemplos de las distintas modalidades de soldadura que se pueden presentar:

SOLDADURA	POR FUSIÓN	Oxigas	Oxiacetilénica, otros gases,...
		Arco Eléctrico	Electrodo, TIG, MAG, Plasma, Unionarc,...
		Resistencia	Por puntos, costura, recalado, "chispa",...
		Haz de alta energía	Bombardeo de electrones, haz láser,...
	SIN FUSIÓN		Forja, presión, fricción, inducción, ultrasonidos,...
	SOLDADURA FUERTE		Soplete, horno, inducción, resistencia, inmersión,...
	SOLDADURA BLANDA		

En concreto, el presente proyecto se centra en la soldadura por fusión, en concreto soldadura TIG.

3. SOLDADURA TIG

La soldadura TIG es uno de los métodos más eficientes y que más calidad aporta en la unión de los elementos unidos. Se caracteriza por la limpieza de la unión y es ideal para soldar aluminio y acero inoxidable.

La ejecución del proceso de soldadura TIG, es más difícil que otros métodos, por lo tanto requiere mucha experiencia por parte del soldador.

Este tipo de soldadura requiere un uso permanente de un electrodo de tungsteno no consumible. Por otra parte, es necesario el uso de un gas protector (argón, helio o mezcla de ambos) que impida el contacto entre oxígeno y el baño de fusión con el fin de obtener cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión.

Con la resistencia a altas temperaturas y además acompañada con la protección del gas, el extremo del electrodo no presenta apenas desgaste tras un uso prolongado.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo de soldadura TIG está compuesto por una unidad de alimentación, la manguera con la antorcha y un circuito de gas de protección.

3.1.1. Unidad de alimentación

Se emplean los mismos puntos de conexión que para el electrodo revestido. En este caso, la soldadura TIG generalmente se aplica a la chapa de acero porque solo se da la posibilidad de soldar en corriente continua.

3.1.2. Manguera y antorcha

A través de la manguera circula la corriente de soldadura, el gas de protección y el refrigerante, pero este último solo en el caso de que la máquina disponga de refrigeración.

La antorcha está compuesta por los siguientes elementos:



3.1.3. Conexión de la antorcha TIG

Estos equipos ofrecen la posibilidad de realizar conexión tanto en corriente continua como en corriente alterna, de las cuales, esta última es necesaria para la soldadura TIG de aluminio.

3.2. TIPOS DE ELECTRODO

La soldadura TIG se caracteriza por el uso de un electrodo no consumible de tungsteno. Éste es un metal muy denso y duro con un punto de fusión (sólido-líquido) más o menos de 3422°C , el más alto de los metales. Dependiendo del material que se quiera soldar, dicho electrodo puede incorporar diferentes aleaciones de Torio, Circonio, etc., en cantidades inferiores al 2%, lo cual se identifica por el color del extremo del electrodo. Para que el arco sea el adecuado, se debe tener en cuenta el afilado del electrodo.

Para la soldadura de acero, la punta del electrodo debe presentar un afilado en forma cónica y para la soldadura de aluminio dicho afilado debe de ser esférica o en forma de bola.

3.3. GAS DE PROTECCIÓN

Debido a razones metalúrgicas, solo los gases inertes son los que se pueden emplear para la soldadura TIG.

El argón de alta calidad asocia un fácil cebado del arco y una buena protección del baño de fusión frente al oxígeno. La adición de helio en argón incrementa la energía del arco y permite mejorar la velocidad de soldadura, de los cordones y limitar las emanaciones de ozono y de óxidos de nitrógeno.

3.4. REGULACIÓN DEL EQUIPO

Los equipos pertenecientes este tipo de soldadura suelen disponer de una serie de opciones de regulación.

Los parámetros más habituales son:

- *Tipo de corriente (continua o alterna)* para soldadura de acero o aluminio.
- *Tipo de polaridad (directa o inversa)*: Cambiando la polaridad conseguimos que el calor aportado se centre más en la pieza o en el electrodo.
- *Tipo de arranque*: Por contacto o por aproximación.
- *Balance*: Solo para corriente alterna. En negativo conseguimos más penetración y en positivo, más limpieza.
- *Rampas*: Con la cual obtenemos un aporte de energía más progresivo.
- *Post-gas*: Regulación del tiempo de aportación de gas después de la última soldadura con el fin de refrigerar el cordón.

- *Caudal de gas*: El caudal de gas dependerá del material base y de si la soldadura se realizara con o sin aportación de material.

Existen tablas predeterminadas que facilitan el tipo de regulación que hay que hay que tomar en función del material y del tipo de soldadura que se lleve a cabo.

3.5. PROCESO DE SOLDADURA

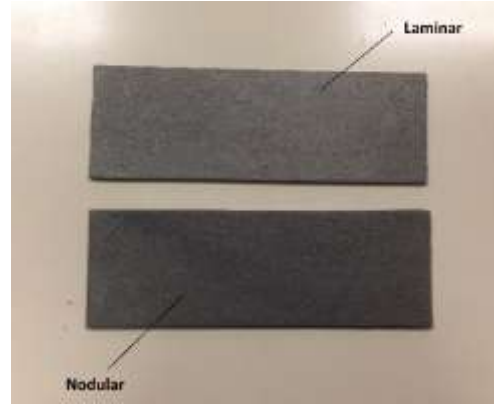
La soldadura TIG se puede realizar sin o con aportación de material, dependiendo del material base y del tipo de soldadura a realizar.

4. ADQUISICIÓN DE PROBETAS Y OBSERVACIÓN DE LA MICROGRAFÍA DE LAS DISTINTAS FUNDICIONES A SOLDAR

Partiremos inicialmente de dos probetas de fundición, una dúctil y otra gris de 5 mm de espesor. Ambas probetas tienen 20 cm de largo y como queremos realizar distintos ensayos característicos para examinar los efectos de la soldadura, lo que haremos será dividir estas probetas en 4 probetas de 5 cm de ancho obteniendo así 4 probetas de fundición dúctil y 4 probetas de fundición gris. Estos cortes se llevaran a cabo mediante la tronzadora.. Haremos el mismo procedimiento con otras dos probetas de fundición dúctil y gris, para obtener otras 4 probetas de cada una de las fundiciones. Tendremos 8 probetas de fundición dúctil y 8 probetas de fundición gris.



3.1. Tronzadora.



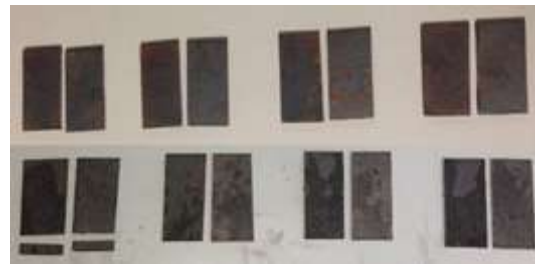
3.2. Probetas de partida.

A una de estas parejas de probetas les quitamos 2 cm de largo y una vez obtengamos esos dos trozos, realizamos otro corte para tener otras dos probetas más pequeñas, con el fin de estudiarlas para comprobar si en realidad tenemos fundición dúctil y gris y la cantidad de ferrita y perlita presentes en dichas fundiciones.

Ambos cortes los realizaremos con la sierra de corte..



3.3. Sierra de corte.



3.4. Probetas de trabajo.

Inicialmente, para realizar esta comprobación, lo que haremos será meter estas probetas de las distintas fundiciones en una embutidora aplicando 10 kN de fuerza y calentando a 180 C° durante 6 min y luego enfriando durante 7 min. Obtenemos así dos muestras, con una superficie plana preparadas para desbastar y limar. Para

Soldadura TIG

desbastar lo que haremos será coger estas dos muestras y pasarlas por una desbastadora en el siguiente orden, primero las pasaremos por una lija o disco de desbaste de 220 granos por cm^2 y para mejorar el acabado utilizaremos una lija de 500 granos por cm^2 , ambas con giro antihorario. Para eliminar los posibles defectos del desbaste y mejorar la observación a través del microscopio, puliremos ambas muestras en una pulidora con pasta de diamante de $1\ \mu\text{m}$. Seguido, las limpiaremos con alcohol y por último, para diferenciar mejor la composición les aplicaremos nital 3 y luego las volveremos a limpiar con alcohol. Al observarlas con el microscopio vemos, como era de esperar, una de las muestras hace referencia a fundición gris, ya que, el grafito se presenta laminado y la otra a fundición dúctil, debido a que, se aprecian los distintos nódulos de grafito en la microestructura.



3.5. Embutidora.



3.6. Desbastadora.



3.7. Muestras para observar
con el microscopio.



3.8. Pulidora.

5. CASOS DE SOLDADURA A DISTINTAS TEMPERATURAS

La soldadura la realizaremos mediante aporte de material con un contenido de Ni 98 % y Fe 2%. Dichos electrodos serán pelados previamente, puesto que, al soldar con TIG, el argón ya realiza la función del recubrimiento del electrodo y no es necesario para este tipo de soldadura. La intensidad con la que soldaremos será de 140 amperios, debido a que el espesor de las probetas es considerable, de manera que mejoraremos la penetración.

Como he comentado antes tenemos dos tandas de 4 probetas de fundición dúctil y otras dos tandas de 4 probetas de fundición gris, las cuales soldaremos por parejas dos a dos.

Caso 1:

Soldadura mediante TIG sin someter las probetas a temperatura.

Caso 2:

Soldadura sometiendo previamente las probetas a 500 °C durante 30 minutos.

Caso 3:

Soldadura sometiendo las probetas previamente a 500 °C durante 30 minutos y posteriormente, después de la soldadura, calentar dichas probetas a 850 °C durante 30 minutos.

Caso 4:

Soldadura sin someter previamente las probetas a cierta temperatura y posteriormente calentarlas a 850 °C durante 30 minutos.



5.9. Máquina soldadora TIG.



5.10. Horno a 500 °C.



5.11. Horno a 850 °C,



5.12. Tanda 1 de probetas soldadas
(cara superior).



5.13. Tanda 1 de probetas soldadas
(cara posterior).



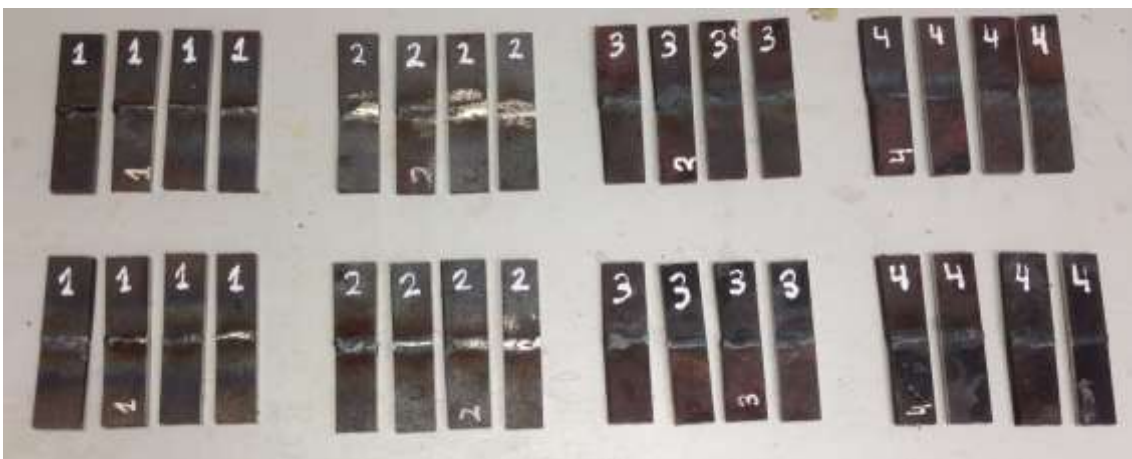
5.14. Tanda 2 de probetas soldadas
(cara superior).



5.15. Tanda 2 de probetas soldadas
(cara posterior).

6. ENSAYOS LLEVADOS A CABO PARA ESTUDIAR LA SOLDADURA

Una vez hayamos realizado todas las soldaduras correspondientes, nos dispondremos a cortar las probetas soldadas en trozos de 2,5 cm de ancho, ya que cada probeta tiene 10 cm de lado. Relizaremos estos cortes con el fin de obtener el mayor numero de ensayos posibles y así analizar mejor la soldadura. Estos cortes los realizaremos mediante la tronzadora, visto anteriormente.



6.16. Probetas preparadas para ser ensayadas.

6.1. ENSAYO DE TRACCIÓN

De las probetas anteriores, escogeremos 12, 3 de cada uno de los casos de un solo bloque, con el fin de someter las probetas a tracción para poder visualizar el tipo de rotura, frágil o dúctil. También para observar si la soldadura soporta mayores tensiones que el resto de material, en caso de que la rotura se produzca en zonas no soldadas y en caso de que la rotura se produzca por la zona soldada, examinar si ha habido una buena penetración del cordón de soldadura.

Para saber la tensión máxima a la que rompe el material, utilizaremos la fórmula siguiente:

$$T = \frac{F}{S}, \text{ donde } F = \text{fuerza (Kg)}, S = \text{superficie (mm}^2\text{)} \text{ y } T = \text{tensión (Kg/mm}^2\text{)}.$$

Antes de someter a tracción a cada probeta lo que tenemos que hacer es medir el ancho y el espesor para obtener la superficie. La fuerza la podremos obtener directamente de la máquina de ensayos. Con estos dos parámetros ya podremos calcular la tensión máxima a la que se someten las probetas.



6.17. Máquina de ensayos a tracción y a flexión.

Caso 1	Tensión (kg/mm ²)	Caso 2	Tensión (kg/mm ²)		Caso 3	Tensión (kg/mm ²)		Caso 4	Tensión (kg/mm ²)
	Ensayo 1		Ensayo 1	Ensayo 2		Ensayo 1	Ensayo 2		Ensayo 1
Probeta 1.1	20,42	Probeta 2.1	29,33		Probeta 3.1	23,61		Probeta 4.1	18,87
Probeta 1.2	19,31	Probeta 2.2	22,55	23,72	Probeta 3.2	22,89	22,89	Probeta 4.2	19,76
Probeta 1.3	30,77	Probeta 2.3	18,48	28,82	Probeta 3.3	18,93		Probeta 4.3	22,61

Probetas del caso 1.

- Probeta 1.1:

Superficie (S) = 24 x 5,1 mm

Fuerza (F) = 2400 Kg

$$\text{Tensión (T)} = \frac{2400}{122,4} = 20,42 \text{ Kg/mm}^2$$

- Probeta 1.2:

Superficie (S) = 22,6 x 5,5 cm

Fuerza (F) = 2400 Kg

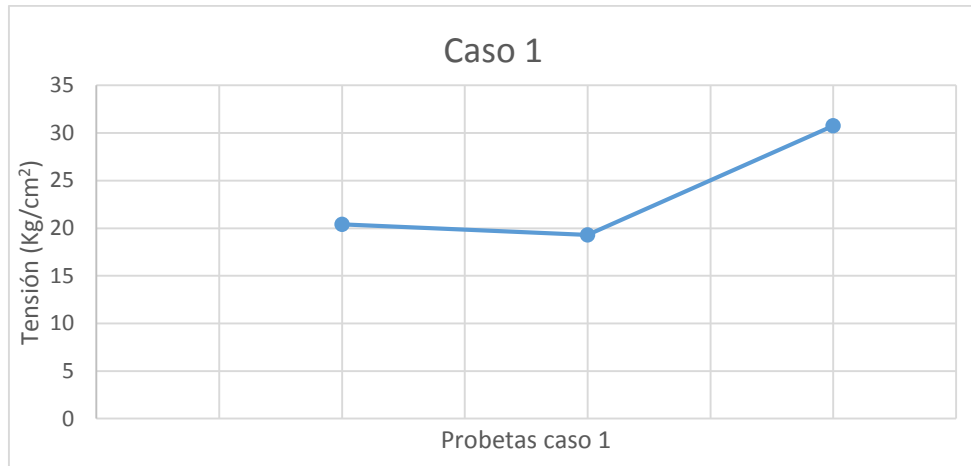
$$\text{Tensión (T)} = \frac{2400}{124,3} = 19,31 \text{ Kg/mm}^2$$

- Probeta 1.3:

Superficie (S) = 25 x 5,2 mm

Fuerza (F) = 4000 Kg

$$\text{Tensión (T)} = \frac{4000}{130} = 30,77 \text{ Kg/mm}^2$$



El gráfico nos muestra la tensión a la que se someten las tres probetas del caso 1.

Probetas del caso 2:

- Probeta 2.1:

$$\text{Superficie (S)} = 23,8 \times 5,3 \text{ mm}$$

$$\text{Fuerza (F)} = 3700 \text{ Kg}$$

$$\text{Tensión (T)} = \frac{3700}{126,14} = 29,33 \text{ Kg/mm}^2$$

- Probeta 2.2:

$$\text{Superficie (S)} = 24,2 \times 5,4 \text{ mm}$$

$$\text{Fuerza (F}_1) = 2947 \text{ Kg}$$

$$\text{Fuerza (F}_2) = 3100 \text{ Kg} *$$

$$\text{Tensión (T}_1) = \frac{2947}{130,68} = 22,55 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Tensión (T}_2) = \frac{3100}{130,68} = 23,72 \text{ Kg/mm}^2 *$$

- Probeta 2.3:

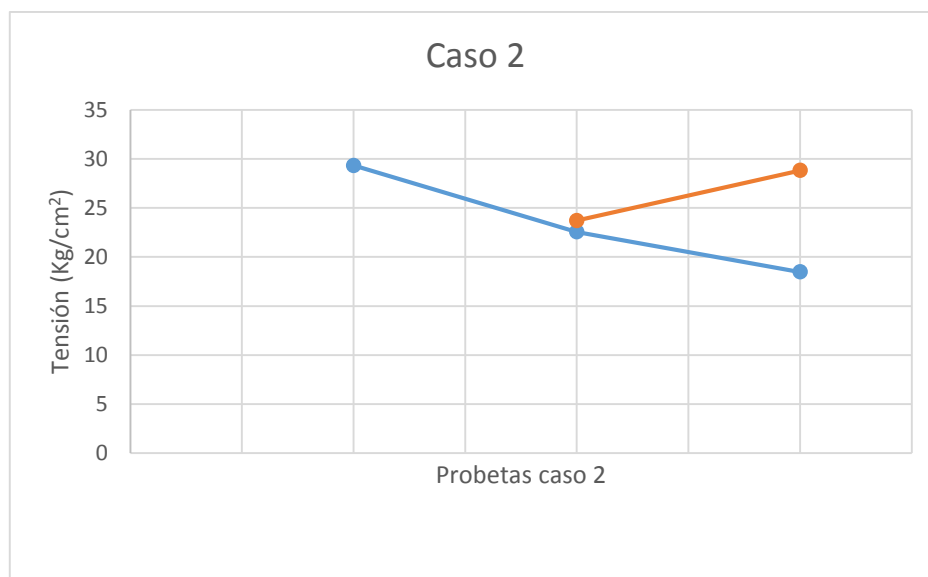
Superficie (S) = 24,6 x 5,5 mm

Fuerza (F₁) = 2500 Kg

Fuerza (F₂) = 3900 Kg *

Tensión (T₁) = $\frac{2500}{135,3} = 18,48 \text{ Kg/mm}^2$

Tensión (T₂) = $\frac{3900}{135,3} = 28,82 \text{ Kg/mm}^2$ *



Este gráfico representa la tensión a la que se someten las tres probetas del caso 2 (azul). A parte, se puede observar que la segunda y la tercera probeta han sido sometidas a dos ensayos (azul-naranja).

Probetas del caso 3:

- Probeta 3.1:

Superficie (S) = 24,2 x 5,6 mm

Fuerza (F) = 3200 Kg

Tensión (T) = $\frac{3200}{135,52} = 23,613 \text{ Kg/mm}^2$

- Probeta 3.2:

Superficie (S) = 23,9 x 5,3 mm

Fuerza (F₁) = 2900 Kg

Fuerza (F₂) = 2900 Kg *

Tensión (T₁) = $\frac{2900}{126,67} = 22,89 \text{ Kg/mm}^2$

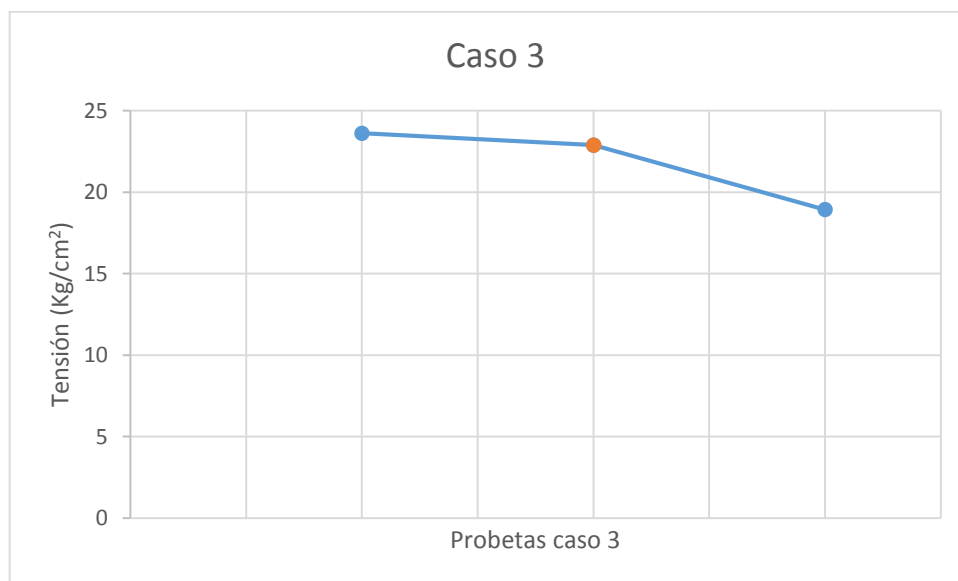
Tensión (T₂) = $\frac{2900}{126,67} = 22,89 \text{ Kg/mm}^2$ *

- Probeta 3.3:

Superficie (S) = 26,6 x 5,5 mm

Fuerza (F) = 2770 Kg

Tensión (T) = $\frac{2770}{146,3} = 18,93 \text{ Kg/mm}^2$



Al igual que en el caso 2, se observan las tensiones para cada probeta del caso 3 y a parte, para la segunda probeta se han llevado a cabo dos ensayos cuyo valor de tensión máxima de rotura es la misma para ambos.

Probetas del caso 4.

- Probeta 4.1:

$$\text{Superficie (S)} = 23,9 \times 5,1 \text{ mm}$$

$$\text{Fuerza (F)} = 2300 \text{ Kg}$$

$$\text{Tensión (T)} = \frac{2300}{121,89} = 18,87 \text{ Kg/mm}^2$$

- Probeta 4.2:

$$\text{Superficie (S)} = 23,5 \times 5,6 \text{ mm}$$

$$\text{Fuerza (F)} = 2600 \text{ Kg}$$

$$\text{Tensión (T)} = \frac{2600}{131,6} = 19,76 \text{ Kg/mm}^2$$

- Probeta 4.3:

$$\text{Superficie (S)} = 26,5 \times 5,3 \text{ mm}$$

$$\text{Fuerza (F)} = 3175 \text{ Kg}$$

$$\text{Tensión (T)} = \frac{3175}{140,45} = 22,61 \text{ Kg/mm}^2$$



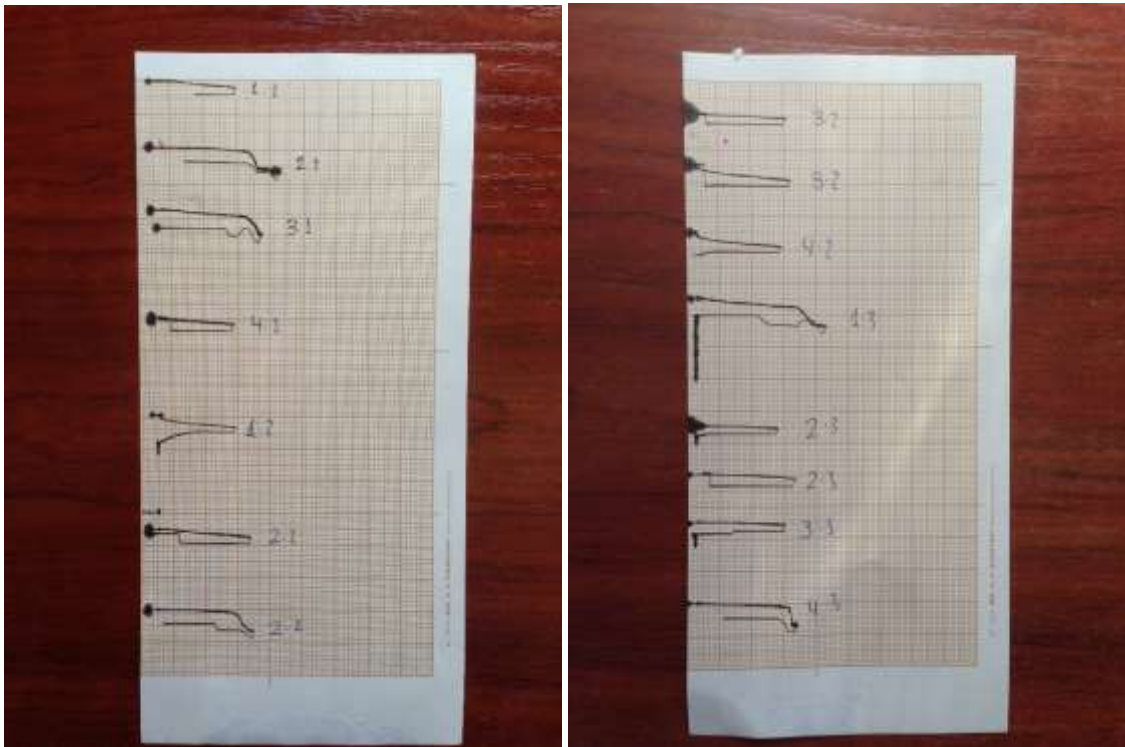
Por último, en este gráfico se observan las tensiones para las tres probetas del caso 4.

*Probetas ensayadas dos veces debido a que la rotura se había echo en la zona cercana a uno de los extremos, por un mal agarre de las mordazas.

Después de haber realizado los ensayos con todas las probetas podemos visualizar el resultado de la rotura y los gráficos de deformación obtenidos de cada una de ellas.



6.18. Probetas sometidas a tracción.



6.19. Gráficos de deformación de cada una de las probetas.

Con estas gráficas, realizadas a partir de la máquina de ensayos a tracción y a flexión, observamos que, genarlmente, la mayoría de probetas se deforman elásticamente y el siguiente paso es la rotura sin deformarse plásticamente. Esto quiere decir que estamos hablado de material frágil, debido a que la fundición gris es más frágil que la dúctil y por lo tanto, el conjunto de la soldadura adquiere unas propiedades que fragilizan el material, pese a la temperatura a la que hemos solemetido las probetas.

Como conclusión, la gran parte de las probetas estudiadas a tracción han roto frágilmente por cualquier otra zona distinta del cordón de soldadura, lo que quiere decir que dicha soldadura se había realizado correctamente soportando mayores tensiones que el propio material. Sin embargo las probetas que han roto por el

cordón de soldadura demuestran una mala penetración y por lo tanto la soldadura no es la adecuada.

6.2. ENSAYO DE FLEXIÓN

Del otro bloque de probetas llevaremos a cabo el estudio de otras 12, con lo que nos sobrarían 8 piezas en total.

En este tipo de ensayo, nos centraremos en el ángulo de deformación de cada una de las probetas, exceptuando en el caso de que la probeta haya roto frágilmente aplicándole la carga mínima (Ángulo 0°).

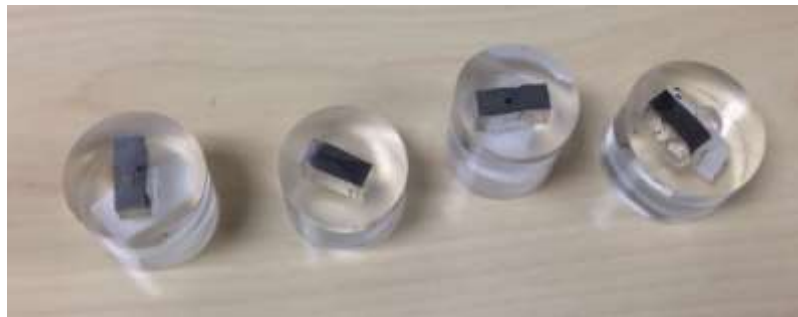
Según los ensayos realizados, observamos que la mayoría de probetas rompían con ángulo 0°, lo que significa una rotura frágil producida en una zona distinta del cordón de soldadura, de manera que, la mayoría de probetas se habían soldado adecuadamente. Por otra parte, las probetas que describían cierto ángulo, era debido a que la deformación tenía lugar justo en el cordón de soldadura, por lo tanto ésta no se había realizado correctamente.



6.20. Probetas ensayadas a flexión.

6.3. ENSAYO DE MICRODUREZA

Para llevar a cabo el ensayo de microdureza, escojemos una probeta de cada caso. Con la tronzadora, vista anteriormente, realizamos dos cortes a cada probeta quedándonos así con el cordón de soldadura y seguido realizamos otro corte por la mitad del cordón para poder embutir y así estudiar la microdureza. Después de embutir, debemos de pulir bien la superficie para apreciar de manera clara la microestructura, tal como habíamos echo al principio. De esta manera obtenemos 4 probetas preparadas para el estudio de la microdureza:



6.21. Probetas embutidas para el estudio de la microdureza.

Una vez hayamos obtenido las probetas, mediante la máquina de ensayos de microdureza, debemos localizar en cada una de ellas, la fundición dútil, la lamina y los límites con la soldadura (zona blanca debido al níquel), donde en estos últimos vamos a llevar a cabo el estudio.



6.22. Máquina de ensayos de microdureza.

Para mejorar la comparación, en las cuatro probetas, realizaremos tres punteos en el límite entre la soldadura y la fundición gris y otros tres punteos en el límite entre la soldadura y la fundición dúctil obteniendo como resultado las siguientes tablas:

Caso 1:	Punteo 1	Punteo 2	Punteo 3
Límite con la fundición gris.	628,4 Hv	460,6 Hv	838,8 Hv
Límite con la fundición dúctil.	518,6 Hv	503,1 Hv	872,4 Hv

Caso 2:	Punteo 1	Punteo 2	Punteo 3
Límite con la fundición gris.	356,5 Hv	352 Hv	400,8 Hv
Límite con la fundición dúctil.	460,6 Hv	447,6 Hv	339,1 Hv

Caso 3:	Punteo 1	Punteo 2	Punteo 3
Límite con la fundición gris.	265,7 Hv	339,1 Hv	423,3 Hv
Límite con la fundición dúctil.	390,3 Hv	343,3 Hv	356,5 Hv

Caso 4:	Punteo 1	Punteo 2	Punteo 3
Límite con la fundición gris.	618 Hv	526,6 Hv	526,6 Hv
Límite con la fundición dúctil.	370,4 Hv	339,1 Hv	284,1 Hv

Con los datos de estas tablas podemos concluir que al haber tratado térmicamente el material, la durezza disminuye y dicho material se reblandece. En el caso 1 no habíamos precalentado a 500°C antes de soldar ni recalentado a 850°C después de soldar, de manera que es la que mas dureza ofrece. Seguido, el caso 4, el cual solo habia sido recalentado a 850°C, presenta unas durezas bastante elevadas. El siguiente que mas dureza ofrece es el caso 2, ya que, es el que ha sido sometido solo a precalentamiento a 500°C y por último el que menor dureza ofrece es el caso 3 que ha sido precalentado a 500°C y recalentado a 850°C.

7. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los tres ensayos llevados a cabo sobre los cuatro casos estudiados, observamos que la temperatura supone cambios en la microestructura y como tal los resultados obtenidos en cada ensayo variaran según el caso.

El aporte de calor hace que las piezas se reblandezcan, es decir que pierdan dureza, que se vuelvan más dúctiles y menos frágiles, sin embargo, en el ensayo de tracción la mayoría de probetas se deformaban elásticamente y posteriormente rompían sin deformarse plásticamente, por una zona distinta del cordón de soldadura lo que quiere decir, por una parte, que las probetas eran generalmente frágiles y por otra parte,

que dichas probetas estaban soldadas adecuadamente. Esto es debido a que la fundición gris tiene propiedades frágiles y al soldarse con fundición dúctil, la pieza en si adquiere cierta fragilidad, pese al aporte de temperatura. Las probetas que se deformaban elásticamente y posteriormente antes de romper se deformaban plásticamente, presentaban una rotura dúctil y sucedía en el cordón de soldadura, debido a una mala penetración o a que la resistencia del propio cordón era menor que en el resto de la pieza

Por otro lado, en el ensayo de flexión, había piezas que rompían por una zona distinta del cordón de soldadura y esta rotura era frágil presentando ángulo 0, lo que quiere decir que la soldadura estaba realizada correctamente y que pese a que la temperatura reblandece las piezas, la fundición gris fragilizaba la probeta soldada. Había otras piezas que describían cierto ángulo y dicha deformación se había producido en el cordón de soldadura debido a una mala penetración o a que la resistencia del cordón de soldadura era menor que la de toda la pieza.

Según estos dos ensayos, se puede concluir que la temperatura influye más sobre el cordón de soldadura que sobre el resto de la probeta soldada. Esto se sustenta debido a que todas las piezas que habían roto por el cordón de soldadura, era debido a una mala penetración o a una menor resistencia con respecto a la pieza en si y dicha rotura era dúctil y las que no rompían por la soldadura, dicha rotura era frágil.

Finalmente, en el ensayo de microdureza la temperatura adquiere un gran papel, porque según los datos obtenidos las probetas que mayor dureza presentan son las del caso 1, las que no han sido sometidas a ningún tratamiento térmico previo ni posterior

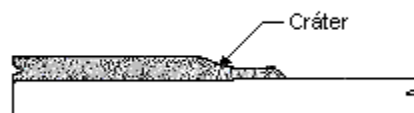
a la soldadura y las que menor dureza ofrecen son las probetas del caso 3, las cuales han sido sometidas a prealentamiento y a recocido seguido de los casos 2 y 4.

Con esto podemos decir que el aporte de temperatura hace que el cordón de soldadura sea mas blando, pero eso no quita que al someter a tracción o a flexión las piezas soldadas, la rotura sea frágil, ya que dicha rotura se puede llevar a cabo en zonas no soldadas, si la soldadura es la adecuada y presenta mayor dureza que el resto de la probeta o en caso de que la rotura se produzca en la zona del cordón de soldadura, se deberá una mala penetración.

8. PLIEGO DE CONDICIONES

8.1 DEFECTOS PRODUCIDOS EN EL CORDÓN POR LA LONGITUD DEL ARCO

Cuando la longitud del arco es elevada se produce un chisporroteo y el material del electrodo, gotea sobre la pieza insuficientemente caldeada, quedando una unión imperfecta entre el material base y el material de aportación. Otra consecuencia importante de este fenómeno es el mal aspecto obtenido del cordón de soldadura, ya que su aportación no se ha podido dirigir bien ni depositar uniformemente, dando lugar a un elevado nivel de porosidad.



8. 23. Defectos producidos en la soldadura por los efectos de la longitud del arco.

8.1.1. Extinción de arco

Al final de cada electrodo, con la extinción del arco, se forma una depresión o cráter en la punta del cordón solidificado. Para rellenar estos cráteres, al continuar el cordón se pasará con el electrodo sobre ellos, y se aportará el material de tal forma que quede el empalme como si fuera un cordón continuo.

8.2 METAL DE APORTACIÓN EN EL ARCO

8.2.1. El transporte del material en el arco

En los electrodos desnudos como puede ser soldadura Mig-Mag, y de revestimiento ligero, el transporte de material se verifica, principalmente, en forma de grandes gotas que momentáneamente hacen cortocircuito entre el electrodo y el baño de fusión. El tamaño de la gota aumenta en la punta del electrodo hasta que ésta llega a tocar el baño de fusión, en cuyo instante es absorbida por los efectos combinados de las fuerzas de tensión superficial que son superiores a la fuerza de la gravedad, ocasionando el soldeo bajo techo.

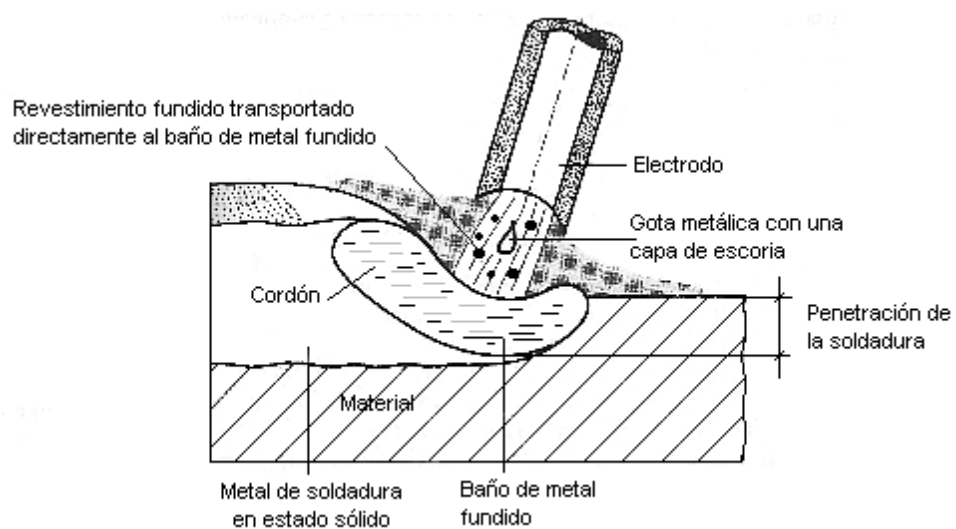
Como el arco es muy inestable en los electrodos desnudos, la trayectoria de la gota no coincide siempre con el eje longitudinal el electrodo, por cuanto el cordón de soldadura resulta muy desigual. En los electrodos de recubrimiento ligero, el arco es más estable y el material se

dirige con más facilidad hacia el punto deseado. El arco más estable se obtiene con los electrodos de revestimiento grueso.

Este tipo de electrodo, actualmente es el único en uso, y en él actúan esencialmente las mismas fuerzas que en los casos anteriormente descritos.

El tamaño de las gotas depende del tipo de revestimiento. Se expresa como la relación d/D donde d es el tamaño medio de la gota y D es el diámetro del núcleo del electrodo.

En la figura 4 se representa esquemáticamente el proceso del transporte del material, desde la punta del electrodo hasta el baño de fusión.



8.2.24 Esquema de aporte de material en el arco.

8.2.2. Protección del material en su desplazamiento

El principio en que está basada la protección del material de los electrodos de revestimiento grueso se puede observar en la figura anterior. Esta protección consiste principalmente en una corriente de gas en forma tubular, que desplaza al oxígeno y al nitrógeno del aire, ambos elementos perjudiciales para el material fundido.

Cada gota desprendida va envuelta por una película de revestimiento fundido, con parte de escoria, que también colabora en su protección contra la atmósfera. La eficacia de la protección va unida al tipo de revestimiento del electrodo.

Al llegar al baño de fusión se separan el metal y la escoria. La escoria, por ser de peso específico inferior al metal, queda en la superficie formando la denominada capa de escoria, dando ésta, la forma final del cordón durante la solidificación y retrasando un poco el enfriamiento. Evidentemente, esta capa de escoria del cordón desempeña una función importante en la protección de la soldadura contra la atmósfera.

Al tratarse de electrodos de revestimiento ligero, la protección del gas suele impedir parte de la influencia atmosférica.

Sin embargo, electrodos desnudos carecen tanto de esta protección de gas, como de la que ofrece la película de escoria, no existente con estos electrodos. Esta es la causa por la que, las soldaduras hechas con electrodos desnudos contienen cantidades de oxígeno y nitrógeno mucho más elevadas que las ejecutadas con los otros tipos.

8.2.3. Estabilización del arco

Para realizar el soldeo correctamente es indispensable disponer de un arco estable, que pueda ser dirigido hacia el punto donde interesa fundir el material base y añadir el material de aportación.

Si se pretende soldar con un electrodo desnudo, el arco “baila” en la punta del electrodo y salta a distintos puntos a su alrededor. En los electrodos de revestimiento delgado, el arco es ya mucho más estable debido a la eficacia de la ionización del volumen del aire comprendido entre el metal fundido y el electrodo. Los electrodos de revestimiento grueso proporcionan un arco muy estable y esto es debido a los siguientes motivos: la ionización del aire es más eficaz, el número de cortocircuitos es menor o incluso nulo y la forma cóncava del cráter de la punta del electrodo colabora en la dirección del arco.

8.3. INTENSIDAD DE CORRIENTE

La intensidad de corriente de soldeo depende de diversos factores:

- ⊗ Tipo de electrodo (Ácido, Rutilo, Básicos, Celulósicos, etc.).
- ⊗ Diámetro del electrodo y espesor del recubrimiento.
- ⊗ Espesor de la chapa a soldar.
- ⊗ Posición de soldeo y tipo de cordón (ángulo, bisel).
- ⊗ Temperatura a la que se encuentra la chapa.

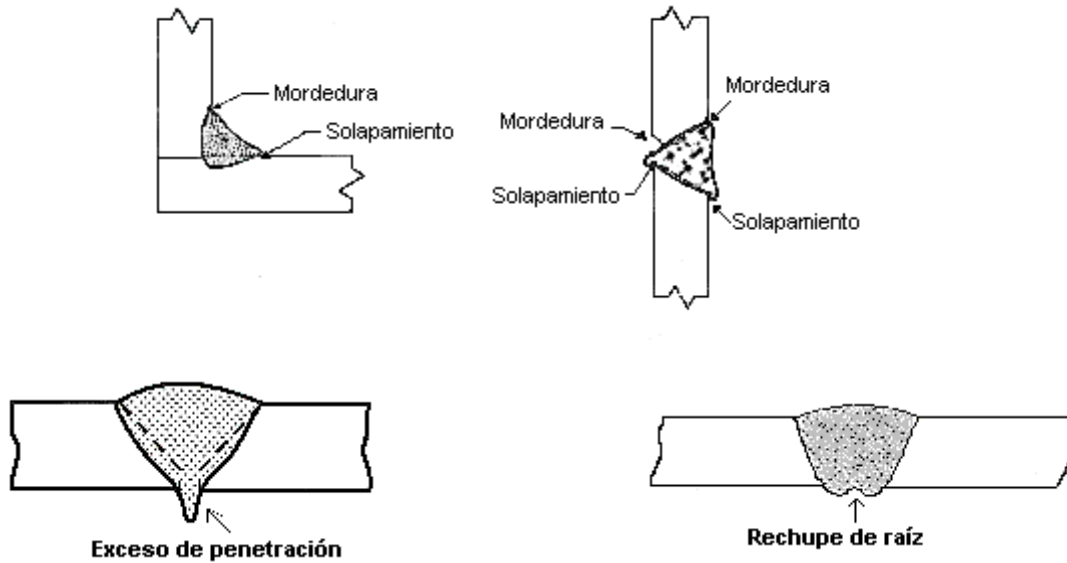
Se pueden adquirir diferentes resultados según la intensidad de corriente que se esté empleando en el soldeo. A continuación, se citan diferentes casos concretos con las correspondientes secuelas obtenidas en el cordón de soldadura.

8.3.1. Intensidad de corriente demasiado elevada

En este caso la fusión es muy rápida, produciéndose **mordeduras** (figura 5) en los bordes del cordón que debilitan el material base. Otros efectos producidos por la elevada intensidad son: Rechupes, anchura de cordón demasiado elevada, provocación de muchas proyecciones, exceso de penetración, generación de poros al final del cordón y la chapa y el electrodo se ponen al rojo vivo.

8.3.2. Intensidad de corriente poco elevada

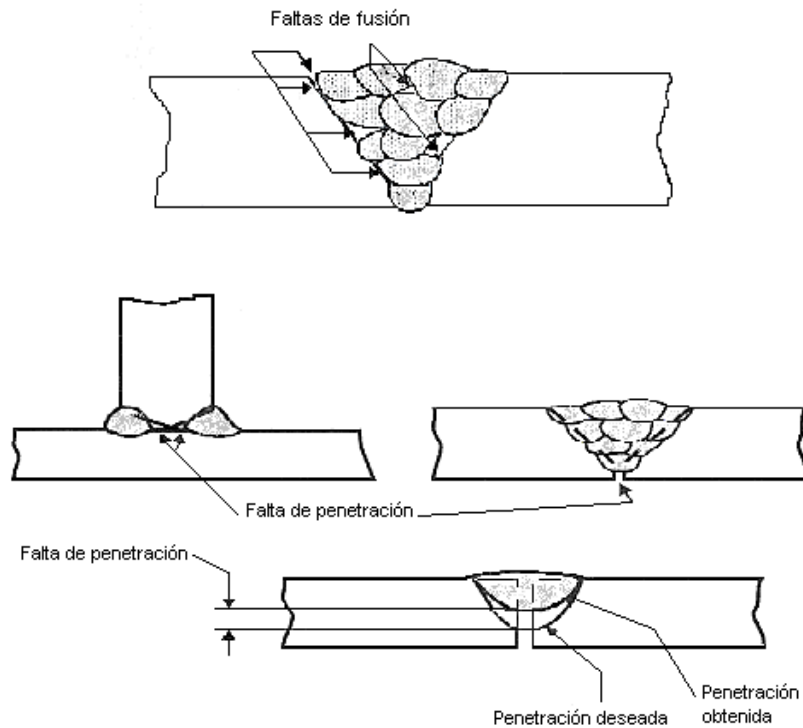
Cuando no se dispone de suficiente intensidad de corriente, se puede producir una falta de fusión o una fusión muy lenta y una falta de penetración. El electrodo se adhiere al material base quedando el cordón abultado y muy delgado (figura 6).



Como orientación práctica, se puede establecer, que los electrodos de revestimiento grueso requieren en el caso de soldadura horizontal, los siguientes valores de intensidad.

Diámetro del electrodo (mm)	2,5	3,25	4	5	6	7
Intensidad mínima (A)	60	100	140	160	220	280
Intensidad máxima (A)	90	150	200	270	350	425

Para el soldeo en otras posiciones, se requieren otras intensidades de trabajo, por ejemplo, en posición bajo techo la intensidad es un 10% menor de la intensidad en posición horizontal; en posición vertical ascendente, un 15% menor de la horizontal y, sin embargo, en la soldadura en ángulo se requiere mayor intensidad ya que se debe someter a un calentamiento mayor la superficie de la chapa.



8.3-25 Efectos producidos por intensidad de corriente de soldeo deficiente

8.4. RADIACIONES PRODUCIDAS POR EL ARCO

Las radiaciones producidas por el arco pueden clasificarse en:

- ☒ Luminosas visibles
- ☒ Infrarrojas invisibles
- ☒ Ultravioletas invisibles

La protección contra las radiaciones visibles se realiza con gafas de cristales de color oscuro, lo mismo sucede con la soldadura con autógena, donde los efectos luminosos son aún más intensos. Los cristales de color verde grisáceo

son mejores que los de color rojo y violeta, pues favorecen la visibilidad de la pieza a soldar y la del arco voltaico.

Las radiaciones infrarrojas invisibles (es decir, las situadas al otro lado del rojo visible en el espectro solar), también se denominan calóricas debido a que, cuando inciden sobre una superficie impermeable, se transforman en calor. Estas radiaciones atraviesan muy poco la mica oscura y relativamente poco, los cristales verdes y azules.

Las radiaciones más peligrosas en el soldeo por arco metálico, son las ultravioletas invisibles, porque producen rápidamente daño en los ojos (conjuntivitis) y quemaduras en la piel. Estas radiaciones ultravioletas no pasan a través del vidrio ordinario o de gran espesor, de la mica clara, ni del celuloide transparente o de color. De cualquier modo, hay que tener presente que en los cristales ordinarios se producen reflejos laterales de la luz que llega a los ojos por detrás de los cristales de refracción de la luz. Así, no basta únicamente con emplear gafas ordinarias, sino que interesa la confección de cristales que protejan contra los tres tipos de radiaciones; estos cristales son los denominados cristales inactínicos (preferiblemente de color verde grisáceo), que van situados en medio de una pantalla grande o casco.

Es necesario determinar el grado de coloración, ya que un cierto color, puede resultar idóneo a unas personas y, sin embargo, puede resultar inadecuado y peligroso para otras. Además, si la corriente es muy elevada se debe emplear cristales oscuros, y si es baja, cristales más claros.

Como los cristales de color resultan muy caros y pierden pronto su transparencia, se protegen colocando delante unos cristales transparentes más baratos (vidrio ordinario), que pueden renovarse continuamente. El empleo de filtros de color y mica en lugar de cristales, no ha resultado ventajoso, ya que al poco tiempo de usarlos, sufren alabeo debido al calor, pierden su transparencia, se vuelven opacos y varían de estructura acabando de estropearse.

Por los deslumbramientos en los ojos, es aconsejable la aplicación de analgésicos o calmantes. Uno de los remedios más utilizado es un preparado a base de novocaína, boro y agua destilada. Señalar que, las radiaciones no son sólo peligrosas para los ojos, sino también para otras partes del cuerpo que estén expuestas sin protección.

8.5. CAUSA DE PROTECCIÓN EN LA SOLDADURA

8.5.1. Corriente eléctrica

El peligro de la corriente eléctrica consiste en que, incluso corrientes de poca intensidad, pueden llegar al corazón y ocasionar un espasmo, produciéndose primero una muerte aparente y por último una muerte real por asfixia.

Cuando se piensa en la relación entre intensidad, tensión y resistencia, se presenta el dilema de saber cuál es la mínima tensión que, dada la pequeña resistencia de nuestro cuerpo, puede hacer pasar por él una corriente que produzca el colapso cardíaco. Esto depende, en primer

lugar, de la resistencia en la superficie, luego de la resistencia en el interior y finalmente del camino que sigue la corriente.

La resistencia eléctrica del cuerpo humano varía según el estado en que se encuentre; por ejemplo, cuando se está sudando, se tienen las manos húmedas o los pies sobre el piso mojado, la resistencia baja mucho al paso de la corriente. También influye la disposición personal de cada individuo y de su estado de salud.

Si concurren todas estas circunstancias, se admite, en general que las tensiones superiores a 42 V, pueden hacer pasar corrientes tan intensas que produzcan el colapso. Así, hay que tener especial precaución con las tensiones que sobrepasen los 42 V. La mayoría de los equipos de soldeo tienen tensiones de arco en vacío superiores a estas tensiones, por lo cual, durante la marcha en vacío es cuando mayor peligro existe y será preciso tener mucha precaución en la preparación de la operación de soldeo y en el cambio de electrodo. Sin embargo, en la mayoría de los casos la resistencia es tan elevada que las tensiones usuales de vacío hasta 100 V no suelen tener consecuencias perjudiciales. En otros casos como por ejemplo en el soldeo cuando se está sudando, hay que tener especial precaución en el lugar de la operación. Convendrá, pues, llevar buenos guantes de cuero y no quitárselos para cambiar los electrodos, y no sujetar la pinza portaelectrodos bajo el brazo.

Otro peligro consiste en que, por el lado de la conexión de la red principal pueda penetrar la tensión de la misma en el cuerpo de la

máquina y en el circuito de soldar. Este peligro puede evitarse teniendo cuidado en poner las máquinas a cero y a tierra.

También puede existir riesgo cuando el soldador confunde la conexión de la red con la conexión de soldar. Para evitarlo, es recomendable emplomar el empalme con la red de forma que no pueda tocarlo ninguna persona ajena al servicio.

En caso de accidente lo primero es desconectar la corriente, ejecutar la respiración artificial y recibir atención médica.

8.5.2. Calor.

Los miembros puede quemarse por las proyecciones de hierro y, además existen posibilidades de incendio de los objetos de celuloide como los cuellos, puños, hebillas, botones, monturas de gafas, etc.

8.5.3. Peligro mecánico.

Las proyecciones que se presentan especialmente al hacer saltar la escoria, pueden causar heridas en el cuerpo, particularmente en los ojos. Para evitar este riesgo, es absolutamente indispensable llevar gafas. En caso de heridas conviene recibir inmediatamente atención médica.

9. PRESUPUESTO.

9.1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto, el presupuesto se ha elaborado mediante cuadros de precios elementales y cuadros de precios descompuestos, donde se reflejan los materiales utilizados y la preparación de las probetas a ensayar, respectivamente.

En los cuadros se han distinguido las siguientes partes.

Materiales: dados en unidades de peso (kg). Concretamente, se valora la fundición de grafito esferoidal obtenida en bruto de colada empleada para las probetas de ensayo.

Procesos de mecanizado: sus costes se basan en las horas que duran éstos. Se han valorado las distintas operaciones realizadas con máquinas-herramienta para la preparación de las probetas de ensayo. Indicar, que en el precio operador-máquina, está incluido tanto la tasa horaria de la máquina como la tasa horaria del operador y que se toma fracciones de media hora como mínimo, en la facturación.

Tratamientos térmicos: vienen dados en unidades de tiempo (horas, minutos). En el proyecto se reflejan los precalentamientos previos y los recocidos efectuados a la fundición.

Procesos de soldeo: sus costes se valoran en los metros lineales de soldadura efectuados; para ello, se calcula la energía consumida en Kwh, así como el tiempo y el número de electrodos empleados en realizar una soldadura en un metro de longitud.

9.2. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES.

En los cuadros de precios elementales, se ha valorado el coste de los materiales empleados en el proyecto y el coste de los distintos tratamientos aplicados a las probetas de ensayo.

A. MATERIALES					
Ref.	Descripción	Ud.	Cant.	Precio o (€)	Precio Total (€)
A.1.	Placa de fundición gris obtenida en bruto de colada de dimensiones 200x100x5 mm	Kg	2	6,32	12,64
A.2.	Placa de fundición dútil obtenida en bruto de colada de dimensiones 200x100x5 mm	Kg	2	6,32	12,64
TOTAL A					25,28 €

B. TRATAMIENTOS TÉRMICOS					
Ref.	Descripción	Ud.	Cant.	Precio o (€)	Precio Total (€)
B.1.	Pre calentamiento a 500°C	h	2	35,76	71,52
B.3.	Recocido a 850°C	h	2	35,76	71,52
TOTAL B					143,04 €

9.2.1. Cuadro de precios descompuestos.

A continuación, en los cuadros de precios descompuestos se va a reflejar el coste de la preparación de las distintas probetas de ensayo y el coste del metro lineal de soldadura para cada tipo de electrodo y de probeta.

C. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	
Ref.	Descripción
C.1.	Preparación de un conjunto de 16 probetas de dimensiones 100x50x5mm a partir de dos placas de 200x100x5mm

Nº Orden	Descripción	Nº piezas	Tiempo (min.)		Precio operador-máquina/h (€)	Precio Total (€)
			Pieza	Total		
OPERACIONES EN TRONZADORA					35,07	-
1	Preparación de piezas en bruto (corte transversal de la chapa en sierra a dimensiones 100x50x5mm)	16	3	48	-	-
TOTAL TIEMPO EMPLEADO					48'	
TOTAL OPERACIONES EN SIERRA					28,056 €	

		TOTAL C1	28,056 €
Nº de conjuntos C1 mecanizados	1	TOTAL PREPARACIÓN	28,056 €

C. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	
Ref.	Descripción
C.2.	Preparación de un conjunto de 32 probetas de dimensiones 100x12,5x5mm a partir de ocho placas de 100x50x5mm

Nº Orden	Descripción	Nº piezas	Tiempo (min.)		Precio operador-máquina/h (€)	Precio Total (€)
			Pieza	Total		
OPERACIONES EN TRONZADORA					35,07	-
1	Preparación de piezas en bruto (corte transversal de la chapa en sierra a dimensiones 100x50x5mm)	32	3	96	-	-
TOTAL TIEMPO EMPLEADO					96'	
TOTAL OPERACIONES EN SIERRA					56,112 €	

		TOTAL C2	56,112 €
Nº de conjuntos C2 mecanizados	1	TOTAL PREPARACIÓN	56,112 €

C. PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	
Ref.	Descripción
C.3.	Preparación de un conjunto de 6 probetas para embutir

Nº Orden	Descripción	Nº piezas	Tiempo (min.)		Precio operador-máquina/h (€)	Precio Total (€)
			Pieza	Total		
OPERACIONES EN SIERRA					36,06	-
1	Preparación de pieza en bruto (corte transversal de la chapa en sierra a dimensiones 120x100x5mm)	6	15	90	-	-
TOTAL TIEMPO EMPLEADO					90'	
TOTAL OPERACIONES EN SIERRA					54,09 €	
OPERACIONES EN EMBUTIDORA					54,67	
2	Calentar a 180°C	6	6	36	-	-
3	Enfriar	6	7	42	-	-
TOTAL TIEMPO EMPLEADO					78'	
TOTAL OPERACIONES EN EMBUTIDORA					71,071 €	
OPERACIONES DE DESBASTE					28,47	
4	Desbastar la pieza	6	10	60	-	-
TOTAL TIEMPO EMPLEADO					60'	
TOTAL OPERACIONES DE DESBASTE					28,47 €	
OPERACIONES DE LIMADO					28,47	
5	Limar la pieza	6	10	60	-	-
TOTAL TIEMPO EMPLEADO					60'	
LIMADO					28,47 €	

		TOTAL C3	182,101 €
Nº de conjuntos C3 mecanizados	5	TOTAL PREPARACIÓN	910,505 €

TOTAL C 994,673 €

Soldadura TIG

9.2.2. Resumen presupuesto total.

A continuación, se muestra detalladamente el desglose del presupuesto total del presente proyecto:

<i>Descripción</i>	<i>Coste Total (€)</i>
<i>A. MATERIALES</i>	<i>25,28</i>
<i>B. TRATAMIENTOS TÉRMICOS</i>	<i>143,04</i>
<i>C. PREPARACIÓN PROBETAS</i>	<i>994,673</i>
<i>D. PROCESOS DE SOLDEO</i>	<i>48,47</i>
<i>COSTE DEL PROYECTO _____</i>	<i>1211,463</i>
<i>COSTES INDIRECTOS (3%) _____</i>	<i>36,344</i>
<i>HONORARIOS (15%) _____</i>	<i>181,72</i>
	<i>1429,527</i>
<i>IVA (21%)</i>	<i>300,2</i>
<i>TOTAL PRESUPUESTO</i>	<i>1729,72 €</i>

10. BIBLIOGRAFÍA.

Soldadura blanda y dura

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn49.html#seccion21>

Soldadura TIG

https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1072570

<http://www.es.airliquide.com/es/sus-necesidades-son-de/soldadura-y-corte/gases-para-soldadura-y-corte/gases-para-soldadura-tig.html#.Vx5SJvmLTIU>

Tipos de fundición

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn108.html>

Características del níquel

<http://www.taringa.net/post/info/12871263/Electrodos-en-Soldaduras-Tipos-Usos-y-Aplicaciones.html>