

## UNIONES SOLDADAS

### 1.- GENERALIDADES

La soldadura es el proceso por el cual se unen piezas metálicas entre sí, mediante la aplicación de calor. Este proceso puede ejecutarse en forma directa o mediante el aporte de material adicional.

En las estructuras de acero, se distinguen dos maneras de realizar las uniones soldadas: Soldaduras por presión y soldaduras por fusión.

**En el primer caso**, las piezas a unir se calientan hasta plastificarlas y luego, por presión mecánica, se unen entre sí. Es el caso de la soldadura por resistencia eléctrica, comúnmente denominada “soldadura por puntos”.

Las piezas a unir se colocan en la máquina de soldar una encima de la otra y se sujetan con mordazas vinculadas a electrodos de cobre que comprimen entre sí las chapas a unir. Mediante el paso de una corriente eléctrica de gran intensidad, se produce en pocos segundos la fusión de los puntos de contacto y la correspondiente vinculación de las piezas. El proceso se realiza en forma discontinua, pues el contacto se realiza durante pocos segundos y luego se realiza el desplazamiento de las chapas para unir las mismas en otro punto, de tal manera, que el aspecto que tiene la unión una vez finalizada, es la de un cordón longitudinal con puntos de contacto o vinculación y pequeños tramos sin soldar, lo que le da el aspecto de su denominación popular: Soldadura por puntos.

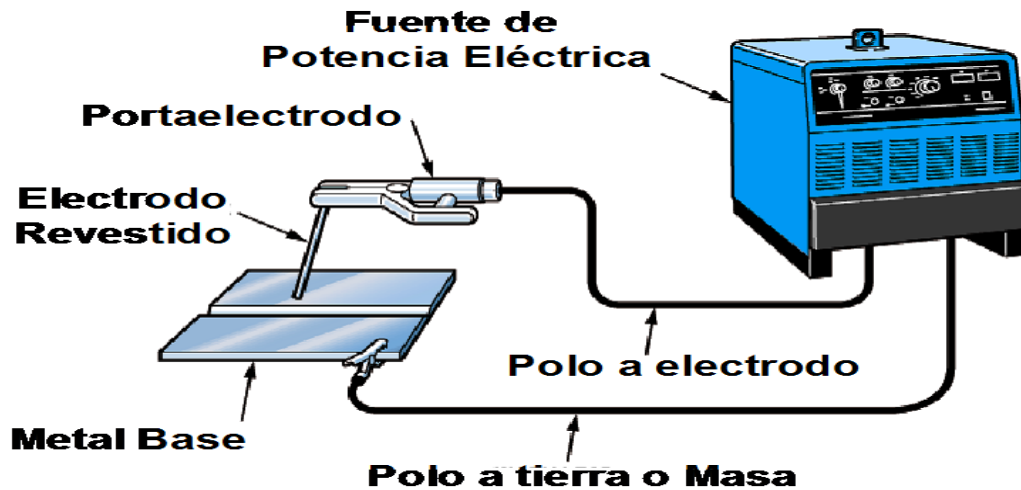
La corriente necesaria para producir la fusión, aumenta con el espesor de las chapas a unir, por lo que este tipo de soldadura solo se emplea en elementos de pequeño espesor, como por ejemplo, en la vinculación de chapas de zinguería, cuyo espesor es del orden del milímetro o fracción. En otras palabras, este tipo de soldadura no se utiliza en elementos estructurales.

**En el segundo caso**, se calientan las piezas a unir hasta lograr la fusión en la zona de contacto y con aporte de material adecuado, se produce la unión. Es el caso de la soldadura oxiacetilénica y de la soldadura por arco eléctrico.

En la soldadura oxiacetilénica se produce la fusión de las chapas a unir en la zona de contacto, por medio de la combustión de oxígeno y acetileno. El aporte de material se obtiene mediante una varilla separada. Este tipo de soldadura no

es utilizado es la unión de elementos estructurales, pero se usa sin el aporte de la varilla mencionada, para el corte de chapas.

## 2.- SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO



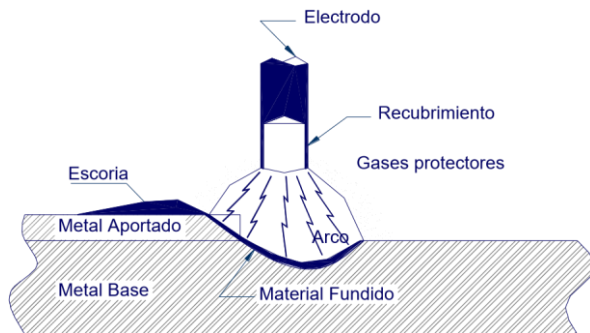
Es el proceso más utilizado para realizar uniones soldadas de elementos de estructura de acero y consiste en realizar la unión de las piezas entre sí por fusión de las partes, lo que se produce por la existencia de un arco eléctrico entre ellas y un electrodo, que constituye el material de aporte.

En este proceso, el arco no se produce mediante el uso directo de la corriente alterna, sino que se utilizan máquinas que se alimentan desde la red con corriente de *alto voltaje y bajo amperaje* y por medio de esta fuerza se genera o se transforma un tipo de corriente con características opuestas a la corriente de la red, es decir, *bajo voltaje y alto amperaje*.

Para producir el arco eléctrico, se utilizan dos pinzas: Con una de ellas se sujeta el electrodo y la otra, se une a las piezas a unir. Tocando ligeramente las piezas a soldar con el electrodo se ceba el arco y se cierra el circuito eléctrico. Inmediatamente se debe separar el electrodo a una distancia del orden de su diámetro para permitir la continuidad del arco eléctrico. La temperatura alcanzada en el proceso llega a los 5000° C. A partir de ese momento, el material del electrodo se funde y fluye uniformemente, depositándose sobre la junta, provocando la unión mediante la formación del cordón de soldadura.

El electrodo es una varilla de unos 35 a 45 cm de longitud y diámetro variable según las necesidades, constituida por el núcleo y el revestimiento exterior llamado fundente fabricado en base a celulosa y otros ingredientes.

### **ESQUEMA DEL CORDON DE SOLDADURA**



El material fundente indicado produce gases que protegen el arco y por lo tanto, el material de aporte.

La combinación del material de aporte con el oxígeno o el nitrógeno del aire, produce elementos contaminantes que disminuyen la calidad de la soldadura.

Para que la calidad de la soldadura sea efectiva, el metal base (es decir, las chapas a unir) debe fundirse en el sitio donde se está produciendo la unión y combinarse con el metal de aporte del electrodo. La profundidad del metal base fundido se llama “penetración” de la soldadura. Si la intensidad de corriente no es la adecuada para la unión, el metal base no se funde convenientemente y en consecuencia, el metal de aporte solo se deposita sobre el anterior y se solidifica sin producir una unión eficiente.

Lo mismo puede suceder si el diámetro de electrodo utilizado es menor del conveniente. En otras palabras, la intensidad de corriente y el diámetro del electrodo están relacionados entre sí y según sea el espesor de las chapas a unir, será la mejor combinación de intensidad – diámetro.

En la Tabla 1 se observa la relación conveniente entre estos valores.

**Tabla 1**

<b>espesor de chapas en mm</b>	<b>diámetro del electrodo en mm</b>	<b>intensidad en Amperes</b>
2 a 4	2,5 a 3	60 a 100
4 a 6	3 a 4	100 a 150

6 a 10	4 a 5	150 a 100
> 10	6 a 8	200 a 400

## **ELECTRODOS**

Como ya se dijo, los electrodos son las varillas que proveen el material de aporte de la soldadura.

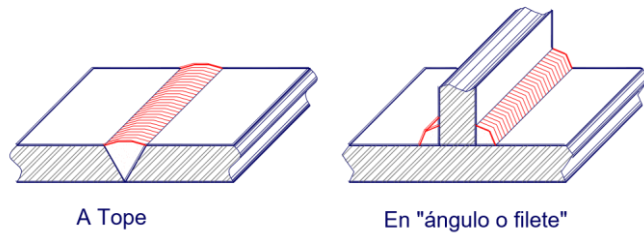
Existen diversas normas para identificar los electrodos. En Argentina, la norma IRAM-IAS U 500-601 establece las condiciones que deben cumplir los electrodos revestidos para soldadura por arco eléctrico.

Los electrodos se identifican con una letra E mayúscula seguida de cuatro cifras: **EEEXY**, (Esta denominación deriva de la clasificación AWS: American Welding Society) y significa lo siguiente:

- EE es un número cuyo significado es la resistencia mínima en N/mm<sup>2</sup>.
- X define la posibilidad de aplicación de acuerdo con la posición y lo hace a través de un número que varía de 1 a 3:
  1. Toda posición;
  2. Posición plana y horizontal;
  3. Solo soldable en posición plana.
- Y significa alta penetración y se debe aplicar únicamente con polaridad invertida y corriente continua. Lo hace a través de un número que varía de 1 a 8:
  - 0 alta penetración;
  - 1 alta penetración;
  - 2 mediana penetración;
  - 3 ligera penetración;
  - 4 penetración mediana;
  - 5 bajo hidrógeno y sodio;
  - 6 bajo hidrógeno y potasio;
  - 7 bajo hidrógeno, polvo de hierro y óxido de hierro;
  - 8 bajo hidrógeno y polvo de hierro.

Por ejemplo, un electrodo E4310, significa que posee una tensión de rotura de 43 N/mm<sup>2</sup>, es decir, 430 MPa, que se puede aplicar en toda posición y que tendrá alta penetración.

## ESQUEMA DEL CORDON DE SOLDADURA



Junta: Se denomina junta a la unión de dos elementos metálicos obtenida por soldadura. Los tipos de juntas se diferencian por la posición de las partes a unir y por la preparación de las partes integrantes.

De acuerdo a como se dispongan los elementos a unir, se pueden definir tres tipos de soldaduras.

Cuando la unión se produce entre dos elementos colocados en el mismo plano, de tal forma que la junta se encuentra en dicho plano entre los dos elementos, formando un ángulo recto u oblicuo con el eje de las chapas, se dice que es una **soldadura a tope**. (Ver figura 5).

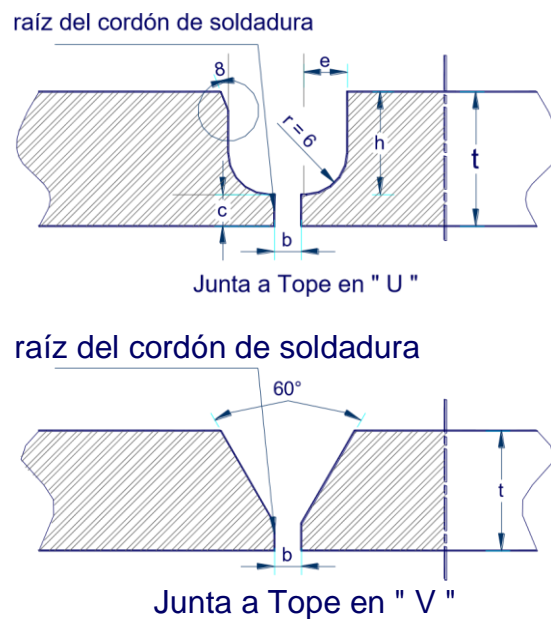
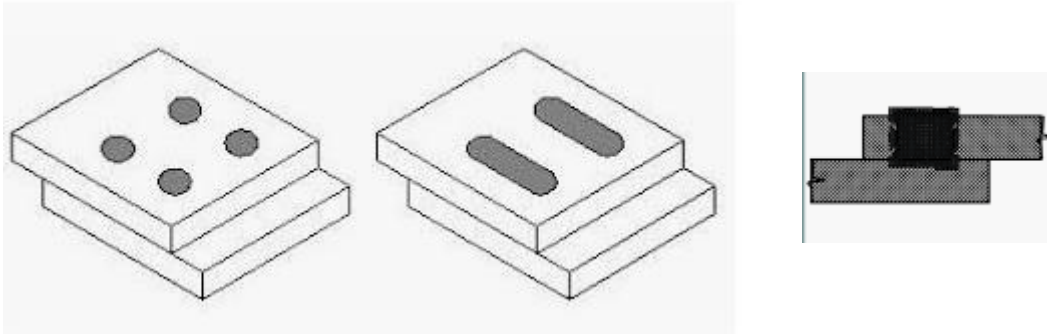


Figura N° 5. -

Si la unión se produce entre dos chapas que forman un ángulo diedro (90°) entre ellas, de tal forma que el cordón de soldadura se ubica en dicho ángulo, se dice que es una soldadura en ángulo o soldadura de filete.

La **soldadura de tapón o muesca** surge por razones de diseño y espacio. En ella se deben hacer muescas en las placas de unión para permitir la vinculación soldada entre una y otra chapa y que aumente la sección de soldadura. Este tipo de juntas es de escasa utilización.



La ejecución de cada tipo de junta merece en la mayoría de los casos, un tratamiento de la misma que depende del espesor de los elementos a unir. Cuando los espesores de los elementos son menores de 4 mm, no es necesario ningún tipo de preparación de las chapas y la junta se produce simplemente por el contacto y soldadura de ambos elementos.

Si el espesor aumenta, entonces será necesario realizar una preparación previa de los elementos a unir. Así cuando los espesores son de más de 10 mm, es necesario biselar los extremos de las placas a unir de tal manera que el punto de contacto entre las chapas adquiere la forma de una V, por lo que se las denomina juntas tipo V (ver figura 5). Si los elementos tienen un espesor mayor aún, el tipo de junta V puede requerir una cantidad de soldadura muy grande, por cuanto la abertura superior de la junta se agranda bastante. Es por eso que en este caso convenga un tipo de junta denominada U, tal como se observa en la figura 5.

En otras ocasiones, se puede soldar por encima y por debajo de las chapas y en tal caso se pueden formar juntas doble V o bien, doble U. El Reglamento CIRSOC 304 muestra la forma y disposición de distintos tipos de juntas para cada caso. Las siguientes son algunas definiciones básicas relacionadas con el proceso de soldadura:

Se denomina **pasada**: la progresión longitudinal de una operación de soldadura a lo largo de una junta.

La distancia en que la zona de fusión se extiende por debajo de la superficie de las partes a unir se denomina **penetración**.

Cuando se realiza una unión a tope, la superficie comprendida entre las partes a unir que se encuentran más próximas entre sí, se denomina **raíz**.

Por la posición de la junta en el momento de la operación de soldado, se dice que una junta posee **posición de cabeza**, cuando se la hace por la parte inferior de la junta.

La junta puede ser **horizontal o vertical** según cómo sea su posición y será **ascendente o descendente** si proceso se hace desde abajo hacia arriba o viceversa.

**Soporte** se llama a un elemento colocado por detrás de la junta, para mejorar la operación de soldado, de tal manera que soporte el cordón de soldadura. En la realidad este es un trozo de chapa que se coloca por debajo de la raíz.

### **CALIDAD DE LA SOLDADURA (Importante)**

La calidad de la soldadura depende de un buen diseño de la misma, de una elección correcta del electrodo y de una buena mano de obra. En otras palabras, de una buena intervención de quien la diseña, de quien la construya y de la calidad del material que se utiliza. El soldador debe tener un buen "pulso" para que el cordón de soldadura sea parejo y la secuencia y el número de pasadas sea el adecuado a la junta a realizar. Asimismo se debe cuidar la velocidad de ejecución, el tipo de corriente a utilizar y el amperaje adecuado.

Para realizar un buen diseño de la unión, se deben conocer algunos conceptos generales que influyen sobre la calidad de la soldadura.

#### **a.- Metalurgia:**

Son tres los factores metalúrgicos que interesan en la soldadura por arco eléctrico: La estructura cristalina del material, la solubilidad de los gases producidos y la oxidación.

Cuando el acero se calienta a una temperatura mayor de 800° C, tiene una estructura casi uniforme. Si se enfría lentamente desde esa temperatura, la estructura granular cambia y el material se vuelve dúctil. Si en cambio se enfría rápidamente, el material se vuelve frágil y quebradizo.

### **b.- Efectos Térmicos:**

Los efectos producidos por la temperatura se producen por dos motivos: La deformación térmica y la velocidad de enfriamiento.

Las deformaciones debidas al cambio de temperatura son responsables de la aparición de tensiones residuales y distorsiones y la velocidad de enfriamiento, incide como ya se vio, en la estructura cristalina del metal.

Al depositar un cordón de soldadura sobre una placa, se producen distorsiones. El cordón tiende a acortarse más que el metal base debido a las diferencias de temperatura, pero las deformaciones unitarias en el cordón y en la superficie adyacente a la junta, deben ser las mismas. Esto induce una tensión residual en el cordón y una flexión residual en la placa, causando más compresión en las fibras adyacentes al cordón.

Para disminuir estos efectos, debe controlarse la temperatura, para lo cual es necesario un enfriamiento lento a fin de no modificar la ductilidad del acero. Comparando la velocidad de enfriamiento de una placa gruesa y otra delgada, es mayor la velocidad en el primer caso que en el segundo. **Por ello cuando una placa es gruesa es conveniente precalentarla para evitar un enfriamiento rápido.** Igualmente cuando se utilizan aceros de alta resistencia. El Reglamento CIRSOC 304 establece que cuando las placas sean menores de 12,7 mm (1/2 pulgada) de espesor, no es necesario un precalentamiento. Si los elementos a unir tienen espesores de entre 12,7 y 25.4 mm, debe precalentarse la chapa a una temperatura de 100° C y este valor es de 150° C para espesores mayores.

### **c.- Tensiones Residuales y Distorsiones:**

Las tensiones residuales producidas por la soldadura son indeseables debido a las distorsiones que provoca y a la posibilidad de fractura frágil, que se provocaría si aquellas tensiones fueran elevadas.

El proyectista por un lado y el soldador por otro, deben tener presente este fenómeno que no se puede evitar. Pero haciendo un buen diseño y ejecutando correctamente las uniones, el fenómeno se puede limitar de tal manera que no perjudique la estructura general. Esto se puede lograr teniendo en cuenta una serie de recomendaciones.

Para ello deben respetarse las longitudes y espesores máximos y mínimos de cordones, indicados en los Reglamentos.

Los elementos estructurales deben diseñarse de modo tal que la transmisión de las fuerzas se realice en forma directa y simple, evitando cambios bruscos de sección.

No es conveniente concentrar cordones de soldadura en un mismo sitio, como puede suceder por ejemplo, en el ángulo triédrico que se forma entre el alma, el ala y el refuerzo de vigas de alma llena.

Cuando se suelda una placa vertical sobre una horizontal, los cordones de soldadura deben ubicarse simétricamente a ambos lados de la placa vertical. De esta manera se evita que ésta última se desvíe de su posición.

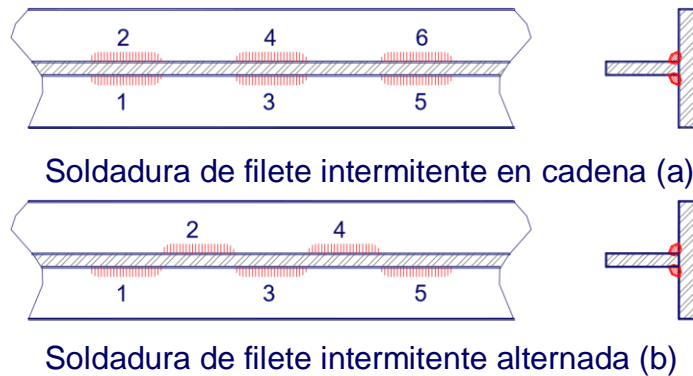


Figura N° 6. -

### **Recomendaciones**

Si se tiene un cordón de gran longitud, como sucede en la unión entre el alma y el ala de una viga de alma llena, es conveniente realizar cordones discontinuos y alternados, siguiendo la secuencia indicada en la figura 6.

El soldador debe elegir un electrodo que se adapte a las necesidades de los elementos a unir en cuanto a tipo y diámetro del mismo.

Cuando los espesores de los elementos a unir lo exijan, deben prepararse adecuadamente los biseles de las juntas.

Las juntas deben estar perfectamente secas y limpias, libres de óxidos o pintura y antes de realizar una nueva pasada, debe eliminarse la escoria de la pasada anterior.

Cuando las chapas sean de más de 12 mm de espesor, es conveniente tener presente que deben ser precalentadas.

Si la temperatura ambiente es de 5° C en descenso, se debe suspender el proceso de soldadura o bien, crear las condiciones de calefacción necesarias. Durante el proceso de soldado, deben evitarse vibraciones de los elementos.

### **Defectos de la Soldadura:**

Una vez finalizado el proceso de soldadura, debe hacerse una inspección de la misma para garantizar su calidad. Esta inspección generalmente tiene dos etapas: Una inspección visual y una inspección profunda.

La inspección visual se realiza observando que las dimensiones y formas de los cordones sean las indicadas en los planos. Las fisuras superficiales que pudieran existir, se ponen en evidencia mediante tintas penetrantes o partículas de hierro que se colocan sobre la soldadura y se someten a una corriente eléctrica. La configuración que adoptan las pinturas o partículas indicará la existencia o no de fisuras o grietas. Estas deberán ser reparadas, para lo cual se debe repelar agregando 50 mm a cada lado de la fisura y luego volver a soldar.

Otros defectos propios de la soldadura son los indicados a continuación.

La socavación se produce cuando se quema excesivamente el metal base. Este defecto se produce por mala elección del diámetro del electrodo (mayor del necesario) o por excesiva intensidad de corriente. Se corrige fácilmente limpiando la superficie adecuadamente y depositando material de aporte adicional.

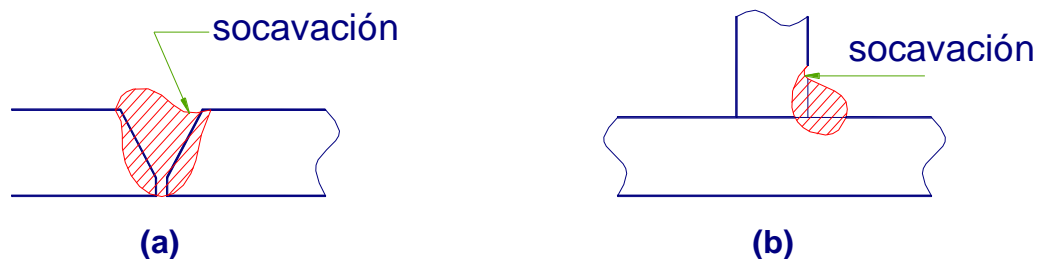


Figura N° 7.

La **falta de fusión** se produce cuando el metal base no se funde correctamente, lo que se produce por una mala elección del diámetro del electrodo (menor del

necesario), menor intensidad de corriente que la necesaria o alta velocidad de soldado.



Figura N° 8. -

La **penetración incompleta** se produce cuando no hay buena penetración de material de aporte en la raíz de la soldadura. Se produce por dimensión excesiva de la raíz, abertura insuficiente, diámetro de electrodo excesivo o velocidad o amperaje no adecuado.

La **inclusión de escoria y la porosidad** se produce cuando quedan incluidos dentro del cordón de soldadura, óxidos metálicos, componentes sólidos, escorias o gases producidos por reacciones químicas con el aire o el nitrógeno del ambiente, o por falta de una limpieza adecuada entre pasadas.

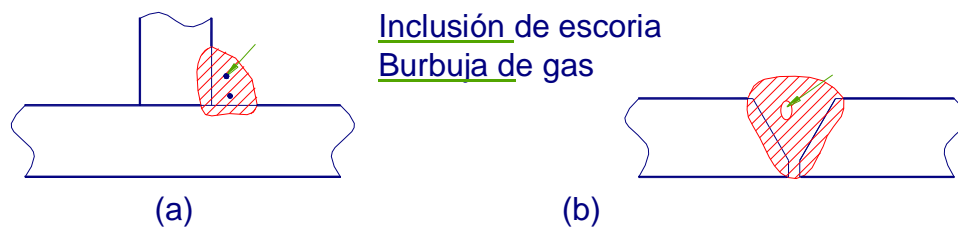
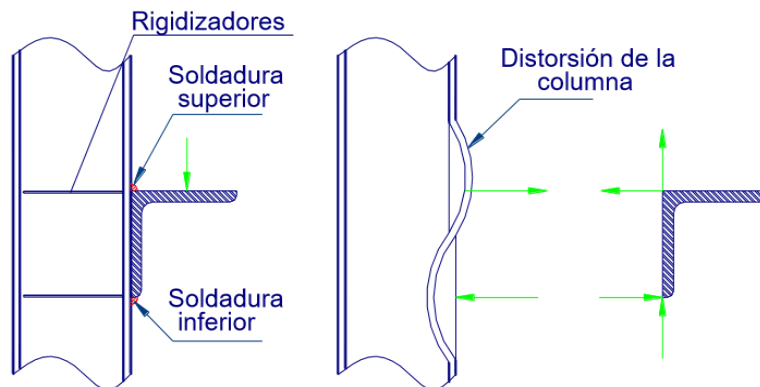
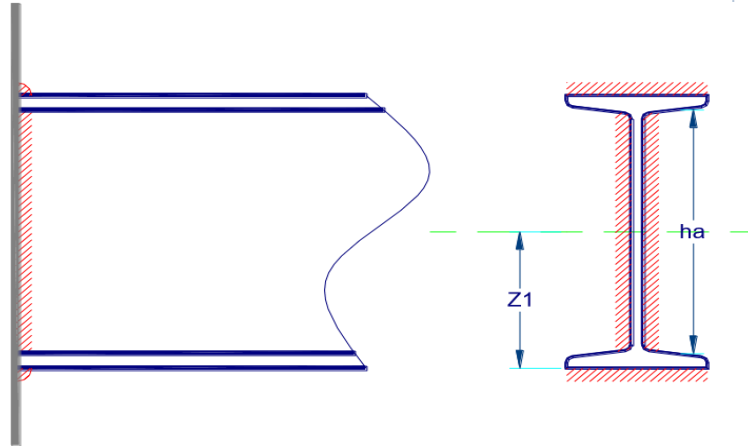
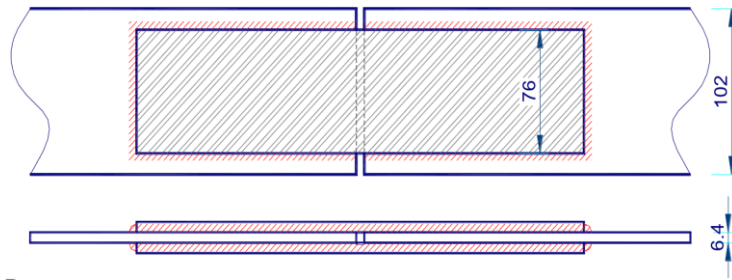


Figura N° 9. -

En el proceso de inspección estos defectos (que generalmente se encuentran en el interior del cordón de soldadura), pueden observarse a través de inspecciones por ultrasonido o por radiografía.

El método más utilizado es el método radiográfico y consiste en obtener una radiografía del cordón de soldadura. La placa radiográfica muestra los defectos existentes en el cordón. El Reglamento CIRSOC 304 da las pautas a tener en cuenta para que un cordón pueda ser aceptado o rechazado y la forma de reparación.

## Ejemplos de Soldaduras de Chapas



Al colocar los rigidizadores indicados en el dibujo de la izquierda, se evita la distorsión indicada en el dibujo de la derecha



Distribución de esfuerzos en la soldadura superior

