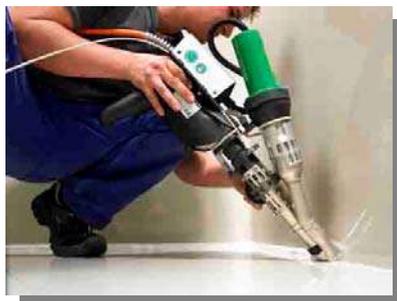


## MANUAL TÉCNICO

# “SOLDADURA DE TERMOPLÁSTICOS”



**Quero Export, S.A.**

P.I. El Cascajal – C/ Gaviotas, 1

28320 – Pinto (Madrid)

Tfno.: 91 692 71 60 – Fax: 91 692 60 57

E-mail: [queroexport@quero-sa.es](mailto:queroexport@quero-sa.es) – Web: [www.quero-sa.es](http://www.quero-sa.es)

## **Contenido**

### **Introducción**

#### **1. Soldadura con gas caliente**

- 1.1. Taller de trabajo
- 1.2. Preparación de la costura
- 1.3. Método
- 1.4. Errores de soldadura
- 1.5. Acabado de las costuras de soldadura
- 1.6. Posibilidad de soldadura de tipos diferentes de material

#### **2. Soldadura por extrusión**

- 2.1. temperatura
- 2.2. Preparación
- 2.3. Efecto de la humedad
- 2.4. Equipo
- 2.5. Acabado de la costura de soldadura
- 2.6. Evitación de cavidades en los elementos soldados
- 2.7. Formas de las costuras
- 2.8. variables que afectan a la calidad de la costura de unión

#### **3. Uniones soldadas**

- 3.1. Relación entre la resistencia de las uniones soldadas y su forma
- 3.2. Posición de la costura de soldadura

## Introducción

El término soldadura de plásticos se refiere a la unión indisoluble de termoplásticos usando calor y presión con o sin el uso de un material adicional. El término no cubre los procesos descritos ambiguamente como soldadura en frío o soldadura con dilatación, puesto que en tales casos la superficie se disuelve y encola parcialmente.

Todos los métodos de soldadura se aplican cuando el material en la zona interfacial y superficial está en el estado plástico. Las moléculas fibrosas de las partes prensadas juntas se combinan y entrelazan para formar una unión homogénea.

Básicamente sólo plásticos del mismo tipo, por ejemplo **PP** con **PP**, se pueden soldar juntos, y dentro de esta provisión solamente aquellos que tienen el mismo o similar peso molecular y la misma densidad, sin embargo colores diferentes no tienen ningún efecto. No se pueden soldar juntos polietileno duro y blando.

La única excepción a esto es la posibilidad de una unión soldada satisfactoria entre u-PVC y cristal acrílico.

## 1. Soldadura con gas caliente.

### 1.1 Taller de trabajo

El equipo de un taller de trabajo de soldadura debería incluir, además de la pistola de soldar con toberas (toberas de soldadura rápida de 3, 4 Y 5 mm., toberas redondas y toberas de soldadura por puntos, toberas de alambre perfilado), un termómetro, un medidor del caudal de aire, un separador de aceite y de agua y posiblemente un transformador. Los termómetros con sondas configuradas en forma de aguja se han revelado como especialmente útiles, ya que se pueden insertar dentro de la tobera para medir la temperatura. La medición exacta de la temperatura es una condición previa para conseguir costuras de soldadura exactas con un factor de soldadura alto (ver página 26).

### 1.2 Preparación de la costura

Los tipos de costura más importante son las costuras DV (X) y V además de la costura en ángulo para planchas que deben soldarse en ángulos rectos. Las planchas deben alinearse perfectamente y biselarse 30°. Esto se puede realizar usando un cepillo, una herramienta enderezadora, una fresa, una cuchilla o un cepillo de carpintero.

La costura más usada es la costura DV, en la que la soldadura se realiza desde ambos lados alternativamente para evitar la distorsión. Para planchas finas y en construcciones en las que la soldadura solamente se pueda realizar desde un lado, se recomienda la costura en V. Las superficies de soldadura de la plancha y el alambre deben limpiarse mecánicamente. La suciedad, la grasa, el sudor y las capas de óxido deben eliminarse para conseguir un factor de soldadura alto. No es suficiente la limpieza con un disolvente.

### 1.3 Método

Solamente se consiguen resultados óptimos cuando el material de base y el alambre son del mismo tipo de plástico. El equipo debe comprobarse regularmente en cuanto a la temperatura y el caudal de aire y debe ajustarse cuando sea necesario.

Antes de colocar el alambre de soldar, hay que calentar brevemente el punto de arranque hasta que se oscurezca la superficie. Antes de cada nueva pasada de soldadura, hay que raspar el cordón de soldadura y las capas de óxido, cuya aparición se acelera a altas temperaturas, usando herramientas especiales.

Para reducir la distorsión, es importante dejar que se enfríe al aire cada costura de soldadura antes de pasar a una nueva posición. Si hay que soldar planchas gruesas mediante un proceso de soldadura DV, hay que dar la vuelta a la plancha después de cada pasada de soldadura para que las costuras se dispongan en secuencia una frente a la otra. Al soldar, hay que mantener una zona caliente de la misma anchura (aproximadamente 5 - 8 mm) a ambos lados de la costura. La consecución de un doble cordón, donde ambos elementos alcancen la zona de fusión plástica, es importante para una buena unión entre planchas. Las cadenas de moléculas fluyen entre sí y resulta un cordón doble.

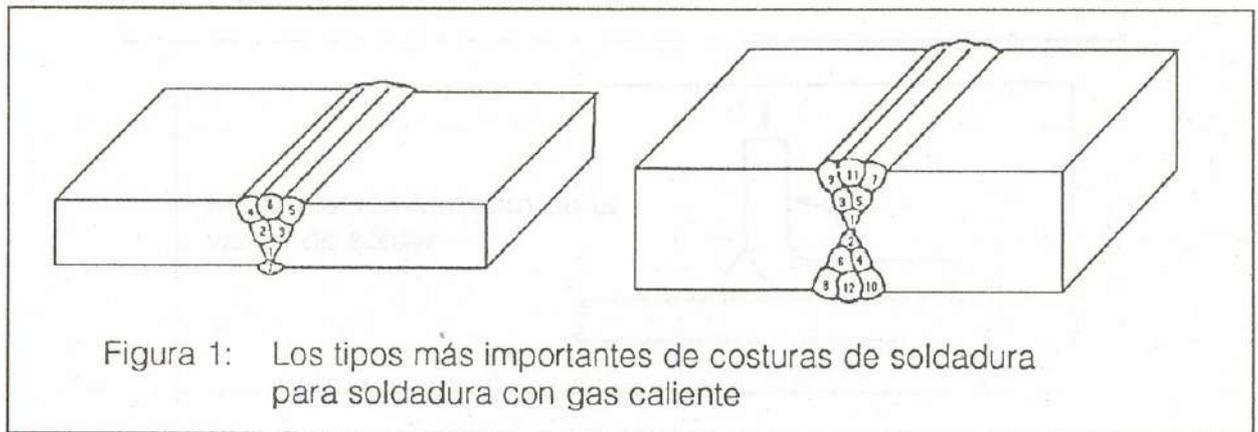
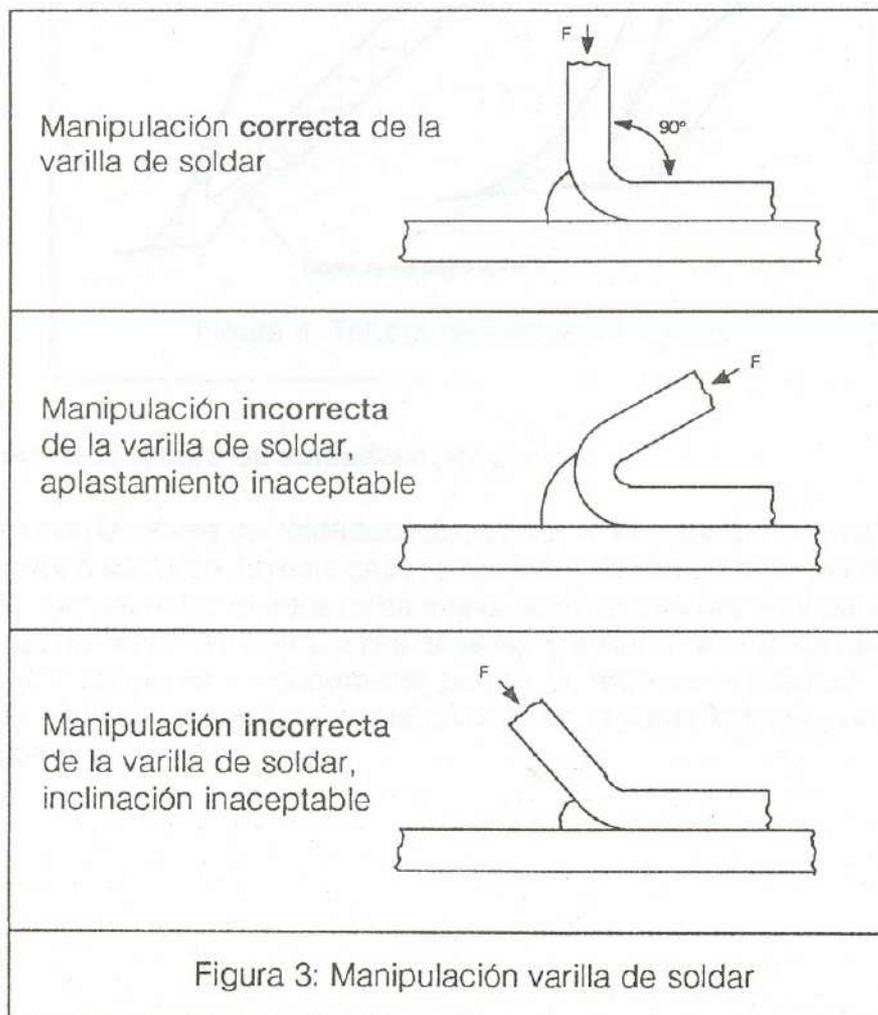
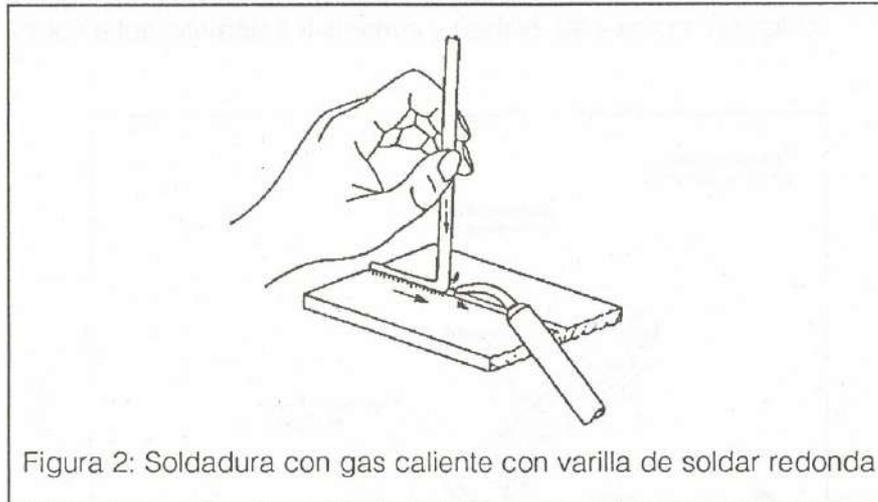


Tabla 1: Ejemplos para la formación de costuras de soldadura

Espesor del material mm	Alambre de soldar cantidad x diámetro
Costura-V 2 3 4 5	1 x 4 3 x 3 1 x 3 + 2 x 4 6 x 3
Costura-DV (Costura-X) 4 5 6 8 10	2 (1 x 4) 2 (3 x 3) 2 (3 x 3) 2 (1 x 3 + 2 x 4) 2 (6 x 3)

## 1.3.1 Empleo de la tobera redonda

Este método requiere más conocimientos técnicos y habilidad de manejo que el trabajo con la tobera de soldadura rápida (ver la Sección 1.3.2, página 5). El alambre debe mantenerse en ángulo recto para evitar grietas laterales (cuando el ángulo es demasiado agudo) e inclinaciones (cuando el ángulo es demasiado obtuso).



### 1.3.2 Empleo de la tobera de soldadura rápida

En comparación con la soldadura con tobera redonda, la soldadura con la tobera de soldadura rápida permite duplicar las velocidades de soldadura y da mayor seguridad. Se emplean toberas especiales a través de las cuales se conduce y precalienta el alambre. La salida de aire por el extremo de la tobera es estrecha y solamente calienta una zona específicamente requerida de la plancha. Se dispone de varias toberas que corresponden a los diferentes diámetros y perfiles de alambre de soldar.

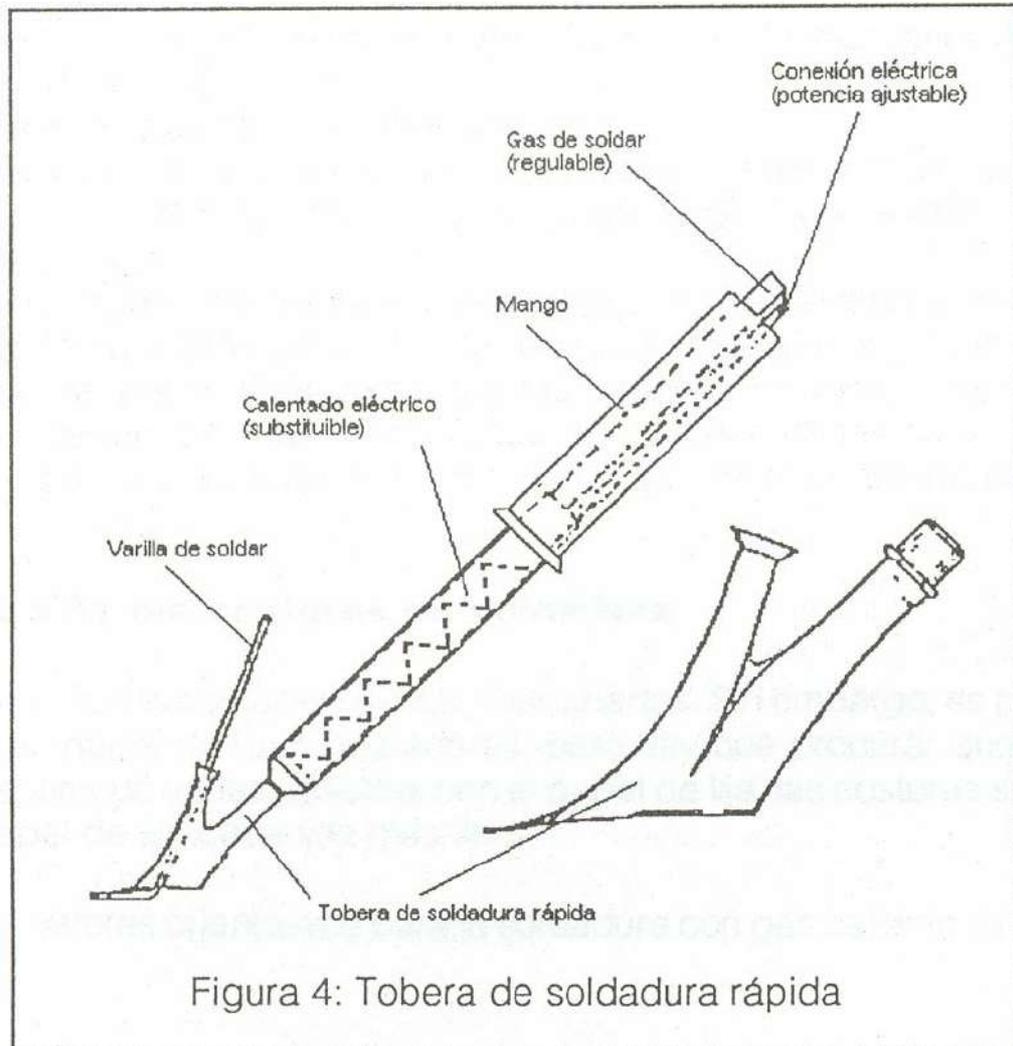


Figura 4: Tobera de soldadura rápida

### 1.3.3 Empleo de la tobera de soldadura por puntos

La soldadura con la tobera de soldadura por puntos sirve para fijar provisionalmente las partes que deben soldarse. En este caso se realiza la fusión, pero sin alambre adicional. La tobera de soldadura por puntos debe emplearse con costura en V para garantizar la unión perfecta de las zonas interfaciales de la raíz y evitar un efecto de ranura al doblar. El empleo de la tobera de soldadura por puntos se recomienda también cuando, por ejemplo, han de fijarse provisionalmente uniones en la superficie externa de una pieza en fabricación.

## 1.4 Errores de soldadura

- Las planchas y el alambre no se han calentado uniformemente (las zonas calientes a la izquierda y a la derecha del alambre de soldar no se han calentado uniformemente).
- La temperatura y el caudal de aire no son correctos.
- La plancha y el alambre no están suficientemente limpios. . El aire no está libre de agua, aceite y polvo.
- Las costuras en V no se han soldado por puntos.
- Se ha quedado atrapado aire dentro de la zona de la costura de soldadura.
- El volumen del alambre de soldar es insuficiente para evitar ranuras en la zona de la costura de soldadura.
- Disposición incorrecta de las planchas.
- La soldadura se ha realizado demasiado rápida: el alambre de soldar era redondo y no tenía un perfil suficiente, lo que ha dado lugar a una unión incompleta o a ausencia de unión.
- Se ha ocasionado daño térmico como consecuencia del empleo de una temperatura de soldadura demasiado alta. La supuesta ventaja de la soldadura más rápida se compensa por el daño térmico a las cadenas de moléculas que, en casos extremos, devuelven a las formaciones de cadenas largas casi a su monómero original. Esto es particularmente válido para polietileno o polipropileno.

## 1.5 Acabado de las costuras de soldadura

Como regla general, las costuras se dejan inacabadas. Sin embargo, se pueden acabar usando cepillos, papel de lija o raspadores, pero hay que procurar que no se formen rasguños. Después de varias pasadas con el papel de lija, las costuras se pueden pulir empleando papel de lija cada vez más fino.

La Tabla de los valores orientativos para la soldadura con gas caliente está en la página 36.

## 1.6 Posibilidad de soldadura de tipos diferentes de material

Básicamente sólo plásticos del mismo tipo, por ejemplo PP con PP, se pueden soldar juntos, y dentro de esta provisión solamente aquéllos que tienen el mismo o similar peso molecular y la misma densidad, sin embargo colores diferentes no tienen ningún efecto. Esto significa en particular que los materiales concretos solamente se pueden soldar siempre con suficiente firmeza dentro de uno o dos grupos de índices de fusión próximos. Los grupos de índices de fusión correspondientes se pueden deducir de las descripciones de los materiales de moldeo según la DIN 16776 (PE) Y 16774 (PP). Los valores-MFI, correspondientes a la soldadura, se pueden deducir de la descripción de los materiales de moldeo correspondientes. No se pueden soldar juntos polietileno duro y blando. La única excepción a esto es la posibilidad de una unión soldada satisfactoria entre u-PVC y cristal acrílico.

## 5. Soldadura por extrusión

La soldadura por extrusión se emplea, entre otras cosas, para conectar partes de pared gruesa. La soldadura se realiza con un relleno de soldadura. Para PVC el proceso es limitado, el extrusionador no debe desconectarse durante el uso (peligro de descomposición). Para PVDF deben emplearse tornillos especiales.

### 5.1 Temperatura

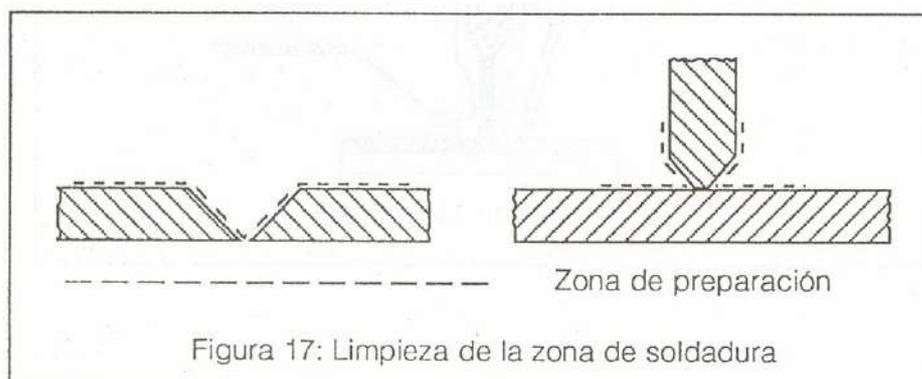
Tabla 4: Temperaturas de la soldadura por extrusión

	Temperatura del material extrusionado °C	Temperatura del aire (si se ajusta aparte) °C	Caudal de aire l/min
PE duro	200 — 230	210 — 240	350 — 400
PP	200 — 240	210 — 250	350 — 400
U-PVC	170 — 180	230 — 250	350 — 400
PVDF	240 — 260	240 — 270	350 — 400

### 5.2 Preparación

Inmediatamente antes de soldar, hay que limpiar las superficies de unión, las zonas próximas y también las superficies dañadas (en particular las que han resultado dañadas por influencias atmosféricas y productos químicos) hasta el material no dañado. No deben usarse materiales de limpieza que atacan o modifican la superficie del plástico.

Se recomienda realizar el trabajo de soldadura por dos personas.



## 5.3 Efecto de la humedad

En ocasiones, el plástico absorbe humedad, la mayoría de las veces sobre la superficie. Esta humedad se evapora durante la soldadura y se incorpora al material extrusionado. Al solidificar, las burbujas formadas en la sección transversal de la costura pueden reducir su resistencia. El gas caliente húmedo puede contribuir a esto.

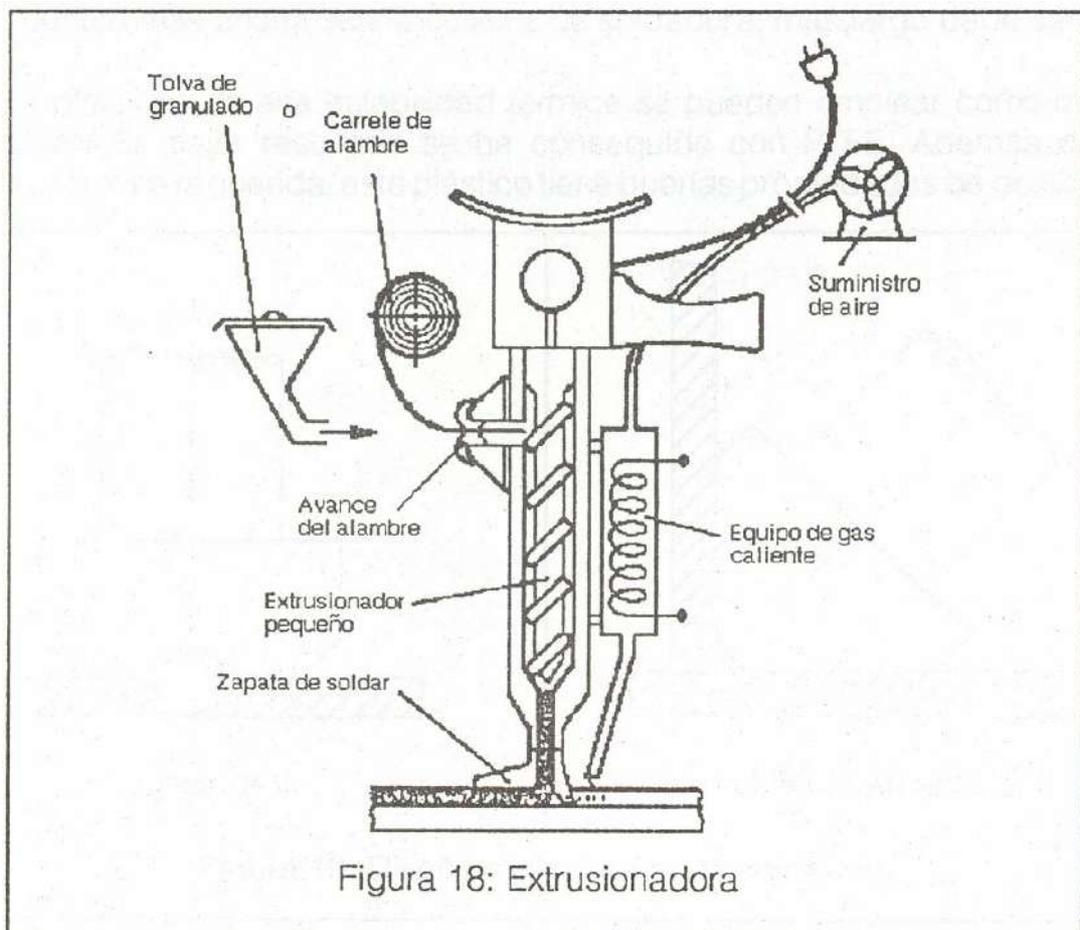
### Remedios:

- Secar previamente el material de relleno de soldar
- Instalar un colector de humedad en el sistema de aire
- Compensar las diferencias de temperatura entre los componentes de soldadura almacenándolos a temperatura ambiente.

## 5.4 Equipo

El equipo de soldadura por extrusión portátil consta de una extrusionadora pequeña como unidad de plastificación, que es accionada por un motor (taladradora manual).

Es habitual precalentar la junta de soldadura usando un equipo de aire caliente conectado al suministro de aire comprimido.



La soldadura por extrusión con gas caliente se caracteriza por lo siguiente:

- el relleno de soldar es similar al material de moldeo,
- el relleno de soldar se plastifica homogénea y completamente.
- las superficies de unión se calientan a temperatura de soldadura con aire caliente,
- el material extrusionado se distribuye y prensa por medio de un patín,
- en comparación con la soldadura con gas caliente, se consiguen una mayor calidad de la costura y tensiones internas menores con tiempos de trabajo más cortos.

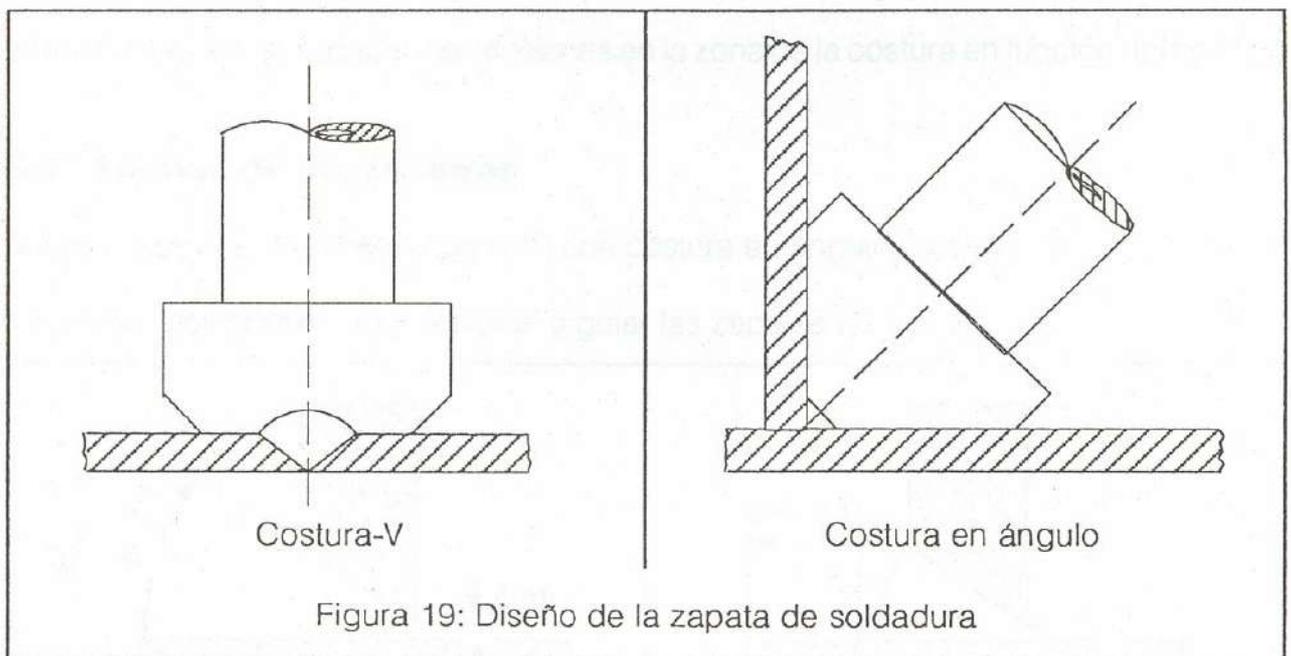
## Forma del patín de soldar

El relleno de soldadura por extrusión se distribuye y prensa por medio de un patino La forma del patín depende de los siguientes factores:

- volumen de relleno
- velocidad de relleno
- ángulo de impacto
- flujo de material
- sellado de la costura
- presión uniforme

El patín de soldar debe adaptarse a la forma de la costura individual. Básicamente, la regla es: cuanto más ancha sea la costura de soldadura, más largo debe ser el patino

Solamente plásticos de alta estabilidad térmica se pueden emplear como materiales para el patino El mejor resultado se ha conseguido con PTFE. Además de la alta estabilidad térmica requerida, este plástico tiene buenas propiedades de deslizamiento.



### 5.5 Acabado de la costura de soldadura

En principio, las costuras de soldadura deben realizarse de manera que no sea necesario ningún tratamiento adicional. Las costuras de soldadura por extrusión deben tener una superficie lisa uniforme y una zona perfectamente soldada.

Para evitar estrías en la base de las costuras, se puede soldar con gas caliente una capa dirigida hacia la raíz.

El material extrusionado que aparece en el borde del patín - especialmente en caso de uniones sometidas a grandes tensiones - debe eliminarse usando un rascador de forma apropiada.

### 5.6 Evitación de cavidades en los elementos soldados

Las cavidades se forman después del proceso real de soldadura. Se pueden evitar cambiando la velocidad de enfriamiento, pero no cambiando los parámetros de soldadura.

En particular, las cavidades aparecen a medida que aumenta el espesor de la pared y/ o se reduce la temperatura de trabajo (no de soldadura). Aparecen porque después de la solidificación de la superficie de la costura, se forma una capa exterior de soporte de carga que resiste la contracción volumétrica, de donde resulta que las cavidades son inevitables.

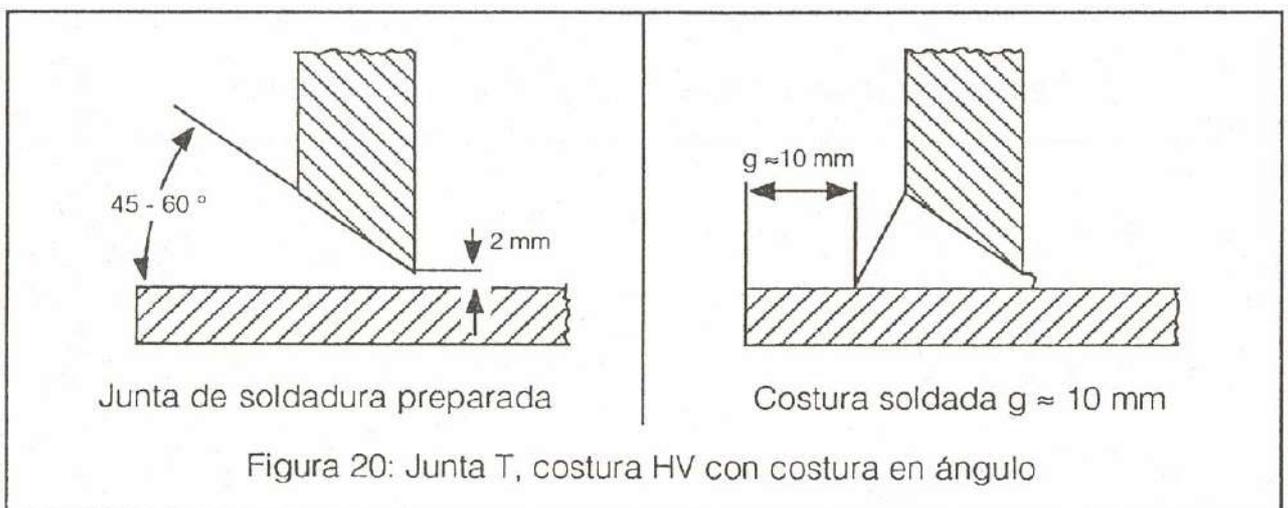
Se puede conseguir un enfriamiento lento y, por tanto, con pocas cavidades usando una cubierta de tela, que debe ser suficientemente resistente al calor.

Al mismo tiempo se reducen las tensiones en la zona de la costura en función del tiempo.

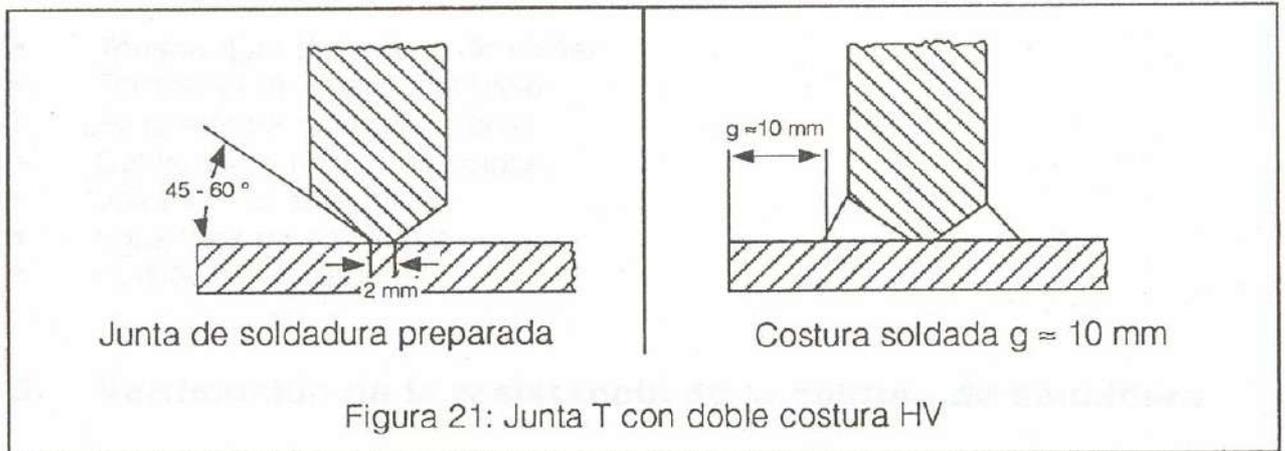
### 5.7 Formas de las costuras

Junta T; costura HV (costura semi V) con costura en ángulo, costura DV.

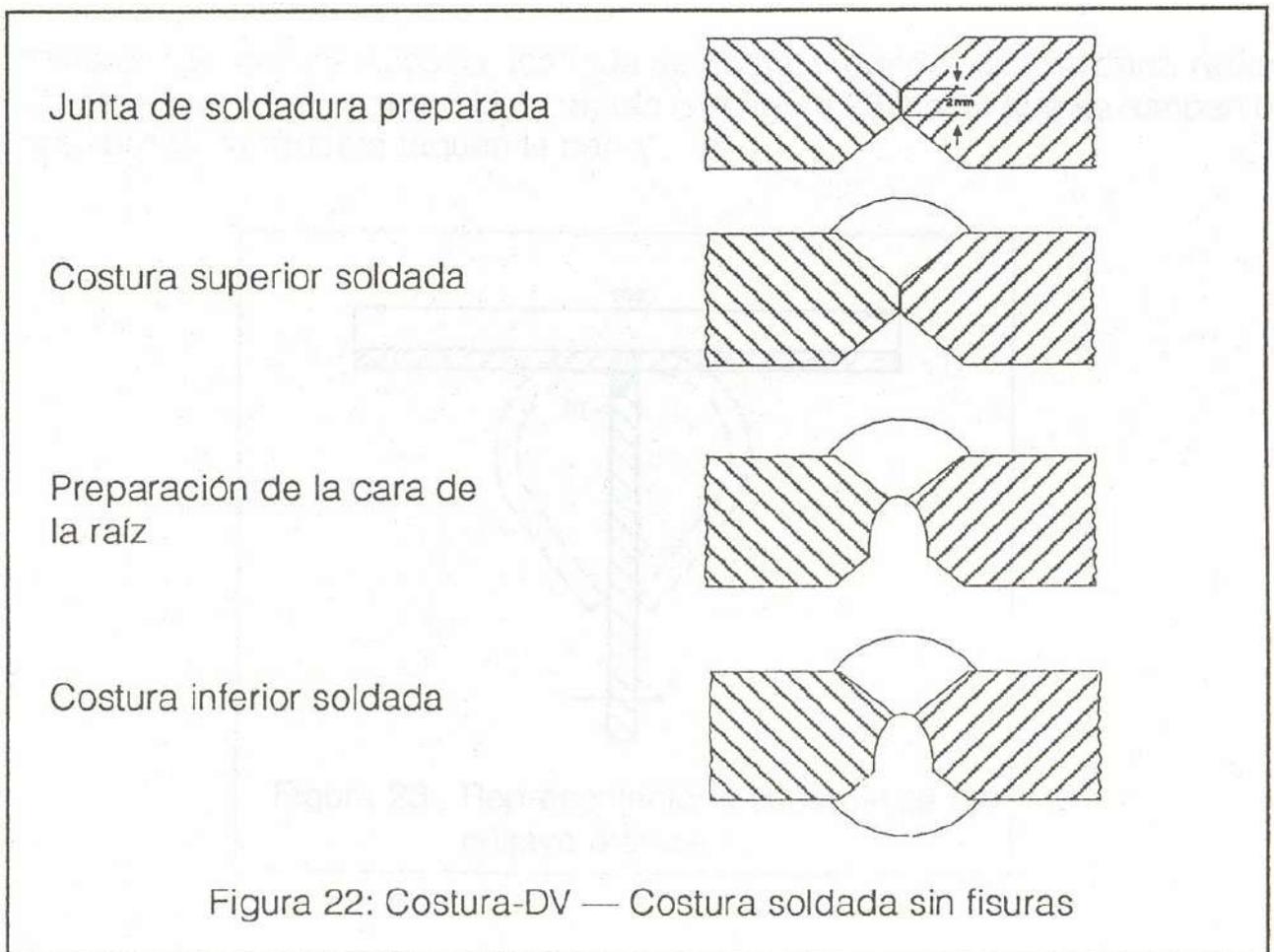
La proyección g sirve para soportar y guiar las zapatas de soldar.



Junta T con doble costura HV



Junta a tope con costura DV



## 5.8 Variables que afectan a la calidad de la costura de unión

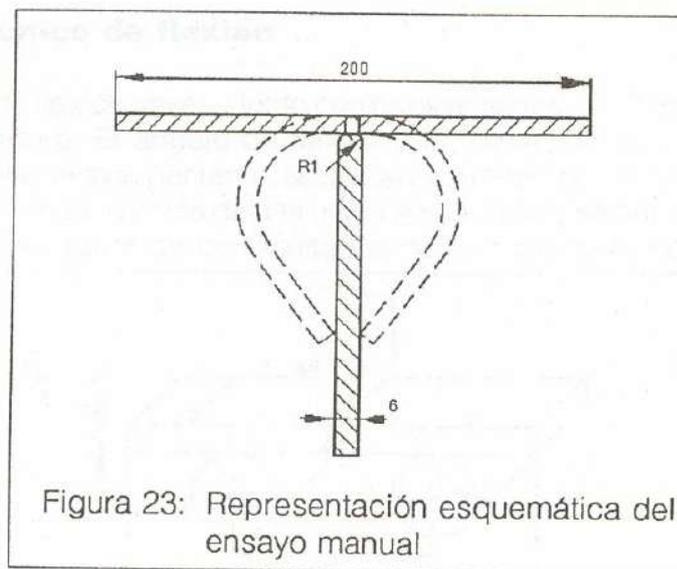
- Temperatura del relleno de soldar
- Temperatura de material base
- Temperatura del gas caliente
- Cantidad de relleno de soldar
- Volumen de gas caliente
- Velocidad de soldadura
- Presión de soldadura

## 6. Verificación de la resistencia de la costura de soldadura

### 6.1 Verificación manual

Directiva DVS 2203 Parte 5: "Este método para el ensayo técnico de flexión es una prueba sencilla adaptada para la realización en el taller, Debido a las fuerzas implicadas, este método está limitado a espesores de ensayo de  $\leq 10$  mm,

La probeta con la costura soldada acabada se dobla alrededor de una barra redonda de 6 mm de espesor en un movimiento rápido (ver figura 23) hasta que se rompan o los extremos libre de la probeta toquen la barra",



### 6.2 Factor de soldadura (ensayo de tracción) (DVS 2203, Parte 2)

El factor de soldadura es la relación entre la resistencia a la tracción de la costura de soldadura y la del material base.

$$\frac{\text{Resistencia a la tracción de la costura de soldadura}}{\text{Resistencia a la tracción del material base}}$$

Tabla 5: Factores de soldadura a corto y largo plazo

	Soldadura con gas caliente		Soldadura a tope con resistencia		Soldadura por extrusión	
	Factor corto plazo	Factor largo plazo	Factor corto plazo	Factor largo plazo	Factor corto plazo	Factor largo plazo
PE-HWU PE-HWST	0,8	0,4	0,9	0,8	0,8	0,6
PP-DWU PP-DWST	0,8	0,4	0,9	0,8	0,8	0,6
PVC-CAW PVC-MZ	0,8	0,4	0,9	0,6	—	—
PVDF	0,8	0,4	0,9	0,6	—	—

Los factores de soldadura a corto plazo son válidos para tiempos de carga de hasta una hora. Por consiguiente, para piezas prefabricadas solamente se pueden usar factores de largo plazo.

### 6.3 Ensayo técnico de flexión

El ensayo técnico de flexión sirve – junto con otros ensayos – para valorar cómo debe realizarse la soldadura. El ángulo de flexión y la formación de rotura demuestran la deformidad de la unión y, por tanto, la calidad del modo de ejecución de la soldadura. Las características de resistencia de una unión soldada sólo se pueden determinar hasta una cierta extensión a partir de los resultados del ensayo de flexión.

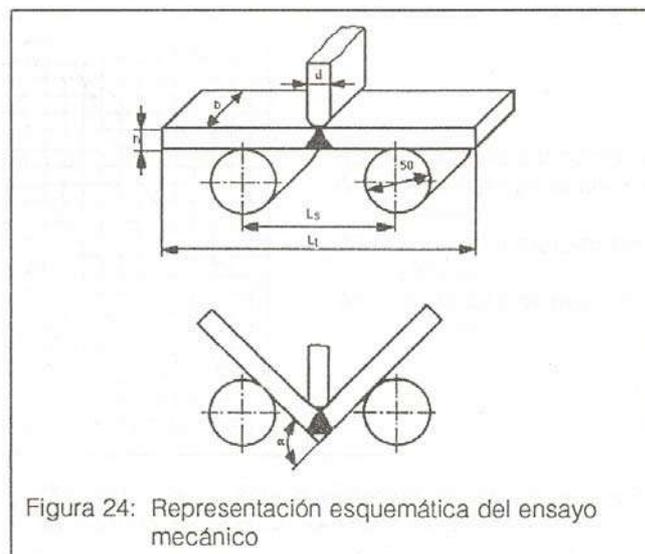


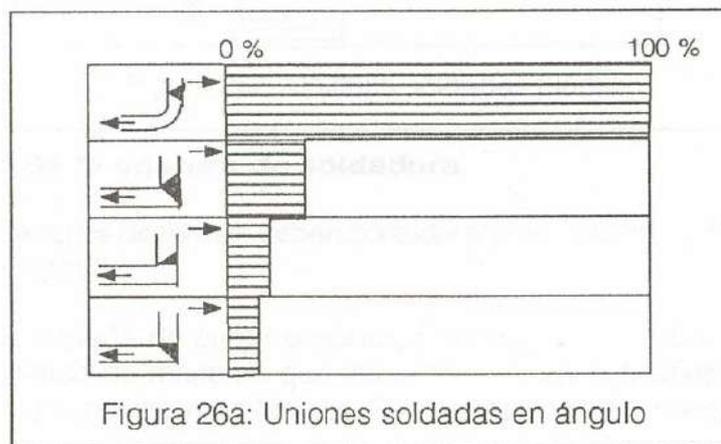
Figura 24: Representación esquemática del ensayo mecánico

## 7. Uniones soldadas

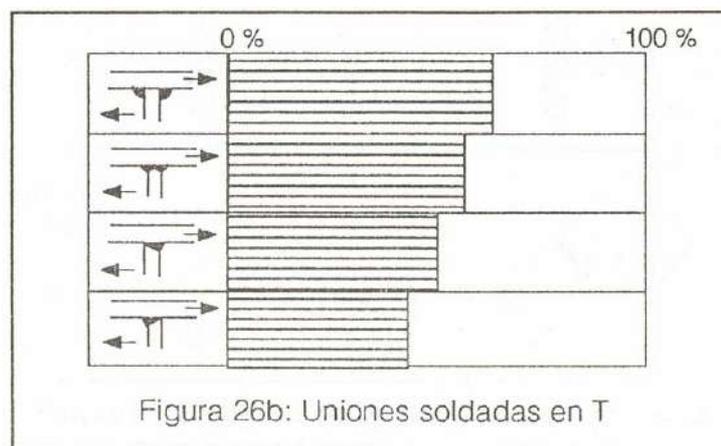
### 7.1 Resistencia estructural de las uniones soldadas

Las estrías internas y externas así como las variaciones desfavorables del espesor de pared conducen a resistencias de la unión que son posiblemente inferiores a la resistencia del material. Las uniones soldadas representan siempre una homogeneidad. Cuando las costuras de soldadura no están acabadas, como sucede en la mayoría de los casos, esto conduce a irregularidades sobre la superficie que dan lugar a una reducción de la resistencia estructural.

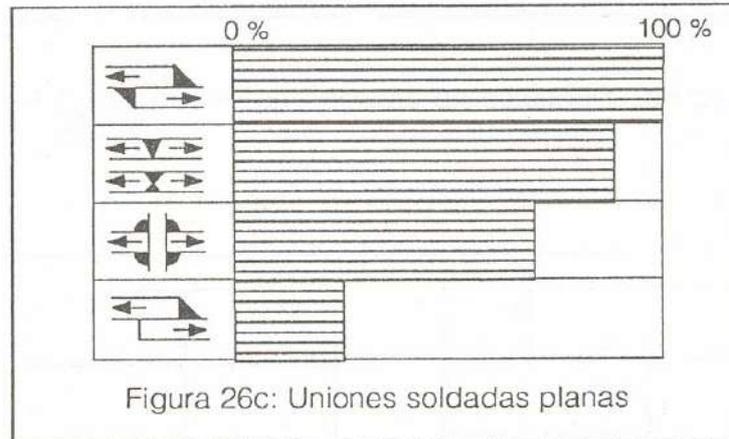
En la figura 26a se muestran cuatro uniones de esquina diferentes de diverso diseño. Si estas uniones de esquina se someten a esfuerzo de flexión, se ve que las uniones de esquina en ángulo recto son generalmente mucho menos desfavorables que las esquinas redondeadas con posiciones de flexión fuera de la curva. Las curvas permiten siempre una distribución esencialmente no obstaculizada de fuerzas y conducen a una resistencia estructural hasta 10 veces mayor que las uniones de esquina en ángulo recto.



Las uniones en T con costuras soldadas en un lado muestran un comportamiento considerablemente menos favorable que las costuras soldadas a ambos lados (ver la figura 26b). Es importante que no existan estrías en el lado de la parte que se someterá a esfuerzo durante el uso. La resistencia estructural se ve afectada favorablemente por el redondeado de las costuras en ángulo y, por tanto, tiene un efecto positivo sobre la distribución de fuerzas.



Las uniones representadas en la figura 26c están sometidas a esfuerzo de tracción. Los esfuerzos de tracción o de cortadura aparecen en la zona de la costura. Una costura en V acabada produce una alta resistencia estructural porque la distribución de las fuerzas no está obstaculizada y el efecto de entalladura se reduce al mínimo. En conexiones de una sola banda, aparecen fuerzas de cortadura y de tracción así como momentos de flexión en la costura de soldadura. La resistencia estructural es muy baja debido a que la distribución de las fuerzas está impedida en gran medida. Por el contrario, las uniones de doble banda permiten una distribución favorable de fuerzas. Este tipo de unión posee una alta resistencia estructural. Lo mismo se aplica a las uniones cruzadas.

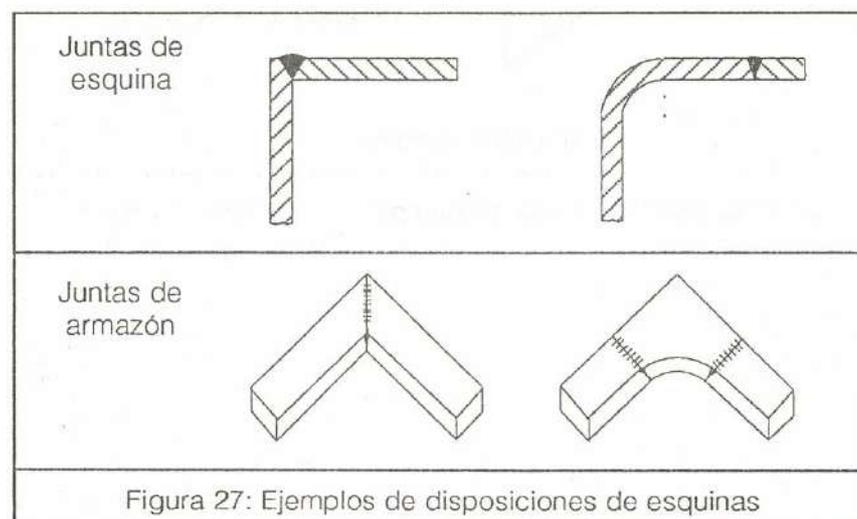


## 7.2 Posición de la costura de soldadura

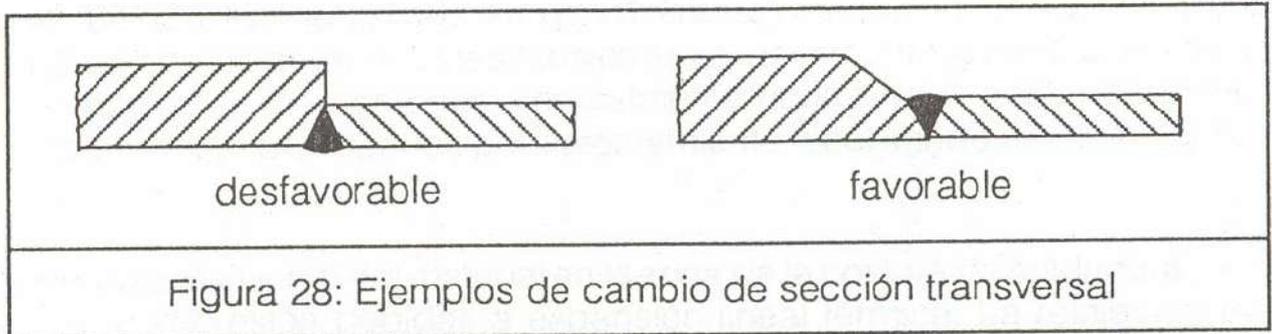
Los siguientes ejemplos de formas deben considerarse en relación y como continuación de la DVS 2205, Hoja 3.

Con costuras de soporte de carga o costuras en ángulo, las costuras de soldadura deben dimensionarse de manera que las secciones transversales requeridas sean suficientes para la transmisión de fuerzas. Son preferibles las uniones a tope.

Las costuras en V deben contra soldarse en la raíz.



En las uniones a tope que implican diferentes espesores de pared deben tenerse en cuenta las distribuciones de la fuerza.



Hay que evitar el agrupamiento de costuras de soldadura. No son admisibles las intersecciones de costuras.

