

## CALCULO DE SOLDADURA

*Por Ing. Guillermo Bavaresco*

La Soldadura como elemento de construcción de estructuras y piezas de maquina tiene especial importancia dado que permite obtener elementos livianos resistentes, económicos y seguros. Pero ello es solamente posible si los diseños y construcciones son realizados de acuerdo con los procedimientos propios de la soldadura y se aplican criterios técnicos de ingeniería. Para lograrlo el ingeniero debe conocer los procesos y procedimientos requeridos para lograr una adecuada calidad de los cordones así como las bases de la concepción de piezas y estructuras soldadas.

La soldadura es un medio de unión no desmontable, ampliamente usado en la construcción de estructuras metálicas y recipientes a presión, También se usa como relleno en la reparación de piezas rotas.

TIPO DE SOLDADURA	PROCESO	CARACTERISTICAS
<b>PRESION</b>	<b>FORJA</b>	Requiere calentamiento y golpeteo para unir las piezas
	<b>PRESION (ELECTROPUNTO)</b>	Se requiere presionar las piezas, previamente limpias por medio de dos electrodos de cobre o aleación de cobre y dejar pasar una corriente para fundir el metal, formando un botón de soldadura
	<b>INDUCCION</b>	Se requiere de una corriente fuerte inductiva para fundir y unir las orillas de dos piezas metálicas que se enfrentan
<b>FUSION</b>	<b>AUTOGENA</b>	Se unen las piezas con aporte de material (varilla de soldar) y se requiere grandes temperaturas para fundir el material de aporte, usando para esto una mezcla de acetileno y oxigeno. A esta soldadura se le llama oxiacetilénica.
	<b>ARCO ELECTRICO</b>	Se unen las piezas con aporte de material (electrodos de soldar) y se requiere grandes temperaturas para fundir el material de aporte, usando para esto electricidad, creando un corto circuito o arco eléctrico.

**Tabla N° 1. Tipos de Soldadura**

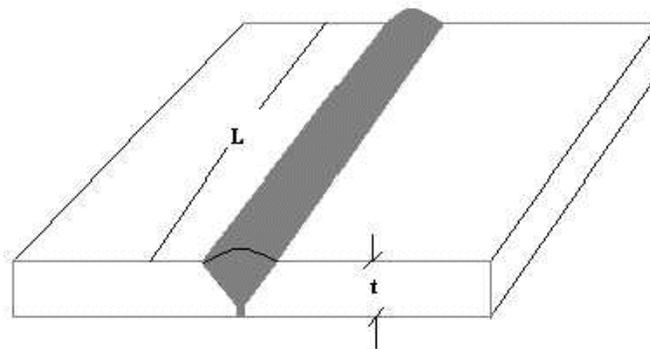
**Debemos recordar que:**

- No todos los materiales son soldables
- Aceros de bajo carbono son buenos
- Acero de alto contenido de carbono (> 0.25%) son malos para soldar. Se requiere calentamiento previo
- Fundición gris: Se debe precalentar a 260° C. para ser soldables.

- Las aleaciones de aluminio, cobre y manganeso, no presentan problemas si se usa el electrodo adecuado.
- Para piezas sometidas a fatiga son preferibles los cordones planos o cóncavos, para disminuir la concentración de esfuerzos. Se recomienda cepillar el cordón para mejorar la resistencia a la fatiga.
- La calidad de la soldadura es difícil de determinar, se debe confiar en la calificación del soldador y realizar NDT (Ensayos no destructivos).
- Para mejorar la calidad se usa electrodos recubiertos de fundentes o se suelda bajo atmósfera de gas inerte tipo MIG y TIG (Helio, argón, etc.).

**Clases de soldadura:**

- Soldadura a tope: (Ver fig.1)



**Figura N° 1**

El Área resistente es:

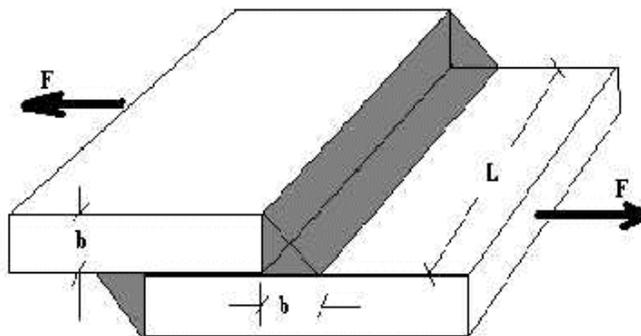
$$A = t L$$

[1]

Donde:  $t$  = Espesor de la lamina más delgada  
 $L$  = Longitud efectiva del cordón.

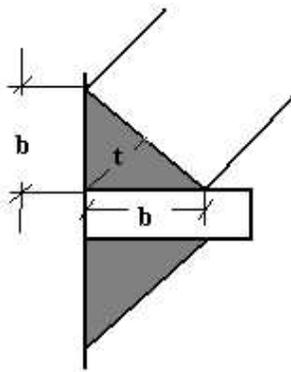
La soldadura a tope puede ser en "V", Doble "V" y "U".

- Soldadura en Angulo: (Ver fig. 2)



**Figura N° 2**

El área resistente será:



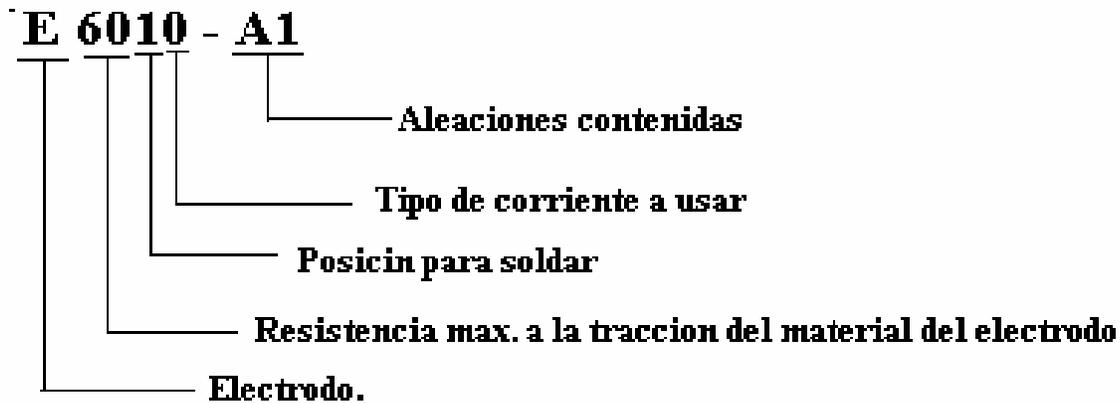
$$A = t L = b \cos 45^\circ L.$$

$$A = 0.707 b L. \quad [2]$$

Donde L es la longitud del cordón de soldadura

Fig. 6.3

**Sistema de codificación de los electrodos según la AWS:**



**Calculo resistente:**

Para el cálculo resistente se emplean las ecuaciones para cada tipo de unión soldada.

**VER TABLA DE ESFUERZOS EN SOLDADURA, (Tabla N° 4)**

Bajo cargas estáticas y Soldadores de primera, se puede decir que la resistencia a la tracción y compresión de la soldadura es la misma del material base.

**PARA TODOS LOS CASOS DE LA TABLA N°4 LOS ESFUERZOS SERAN IGUALES A:**

- Esfuerzo de tracción y flexión:

$$S \leq S a d m = \frac{S u}{N} \quad [3]$$

- Esfuerzo de corte y torsión:

$$S_s \leq S_s \text{ adm} = \frac{S_u s}{N} \quad [4]$$

Donde

$S_u$  = esfuerzo máximo del material del electrodo

$S_{us} = 0.6 S_u$

El Factor de seguridad  $N \geq 3.5$

El factor de seguridad debe aumentarse a medida de que hay duda sobre la calidad de la soldadura y el soldador, así como también del equipo para soldar que se este utilizando.

Tabla de especificaciones de material para electrodo comunes:

AWS número de electrodo*	Resistencia a la tensión, kpsi ( $S_u$ )	Resistencia de fluencia, kpsi	Porcentaje de alargamiento
E60xx	62	50	17-25
E70xx	70	57	22
E80xx	80	67	19
E90xx	90	77	14-17
E100xx	100	87	13-16
E120xx	120	107	14

Tabla N° 2

**Otros tipos de soldadura:** (Ver figura 4)

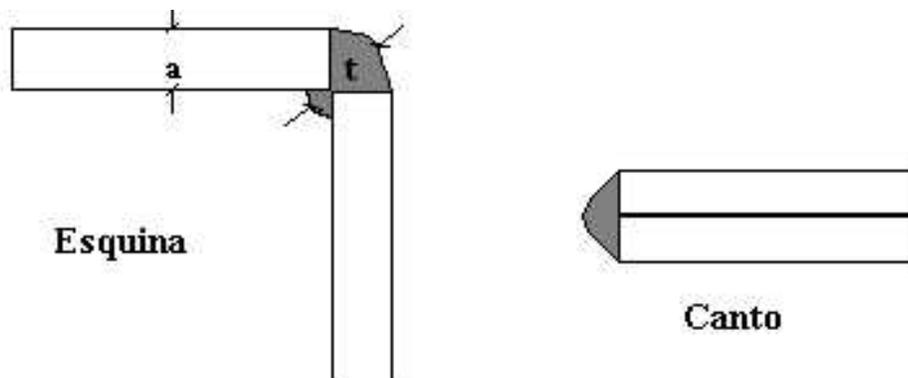


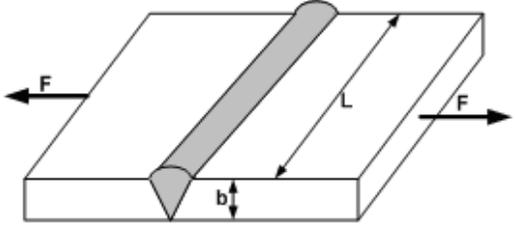
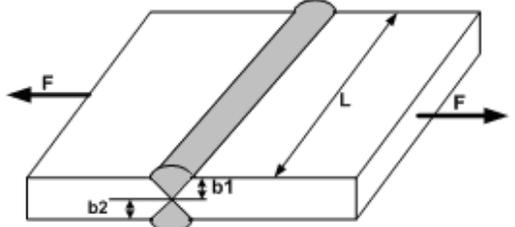
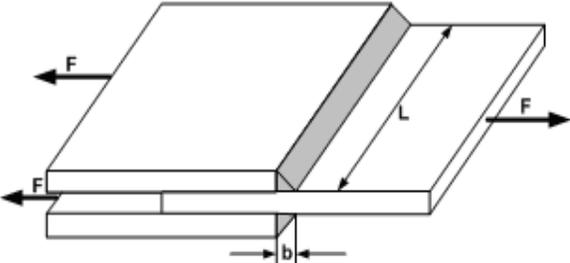
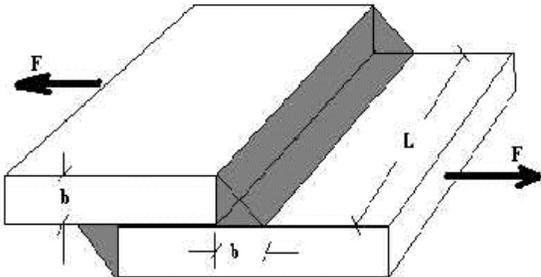
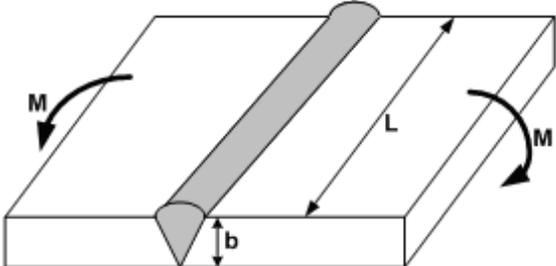
Figura N° 4

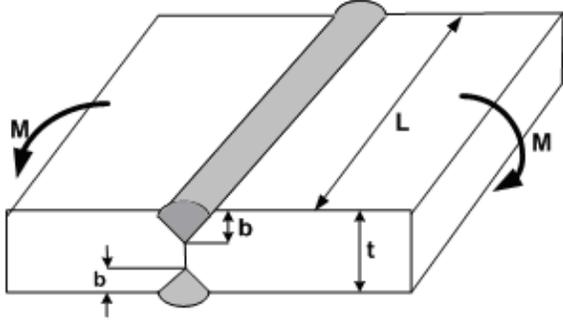
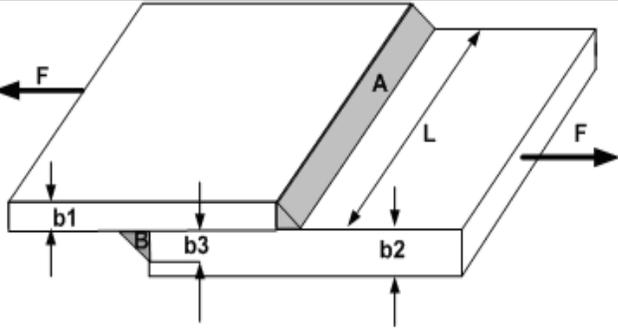
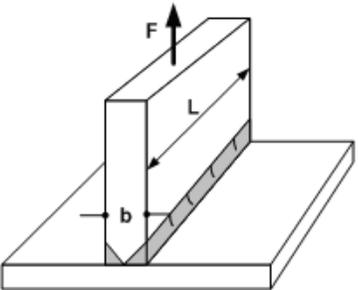
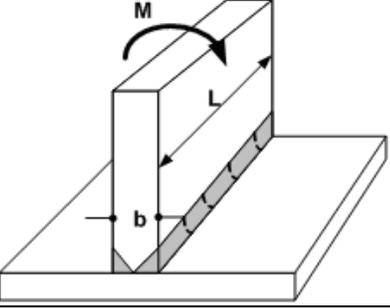
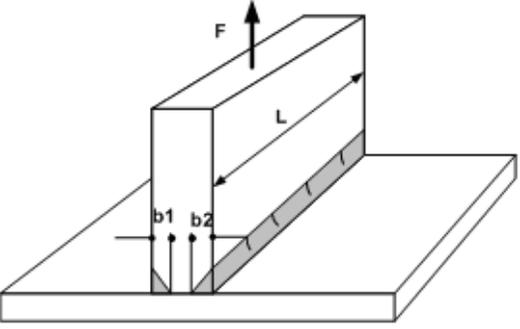
Dimensiones mínimas de soldadura según espesor de la chapa

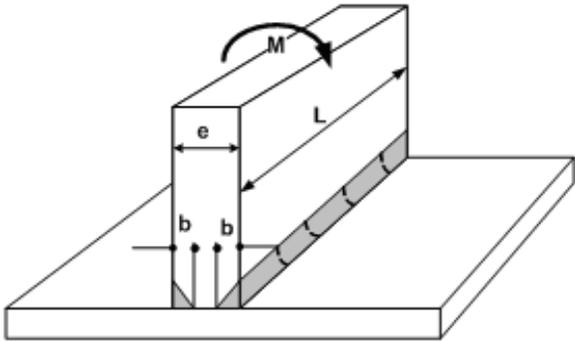
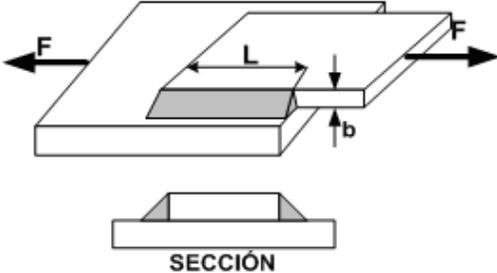
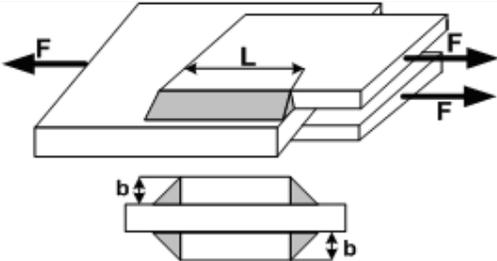
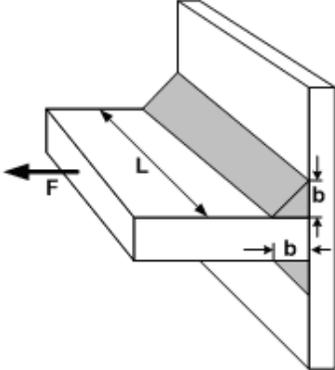
Chapa espesor (Cm)	0.31 - 0.47	0.63 - 0.79	0.95 - 1.58	1.9 - 2.54	2.85 - 3.49	mayor de 3.81
Soldadura b min. (cm)	0.31	0.47	0.63	0.95	1.27	1.9

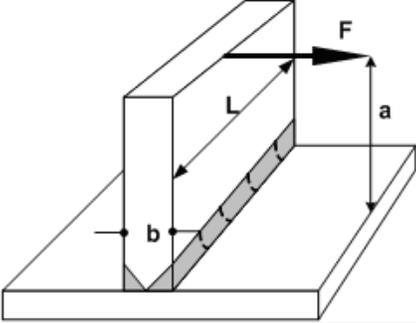
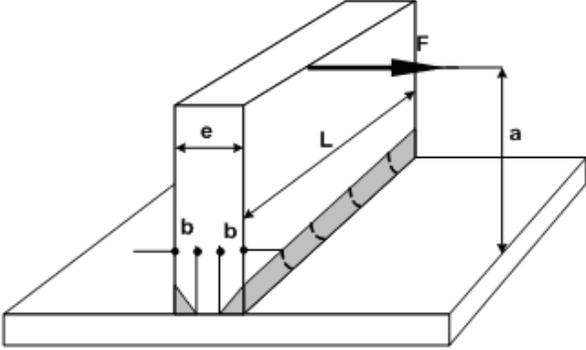
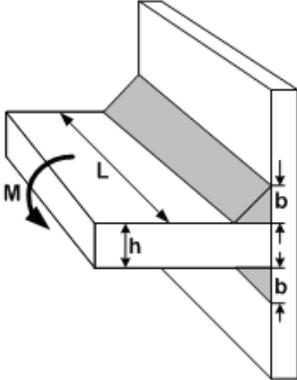
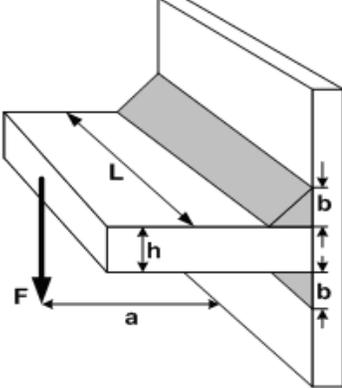
Tabla 3 Fuente Ing. M. Molina, Elem. Maquinas I , U.C.

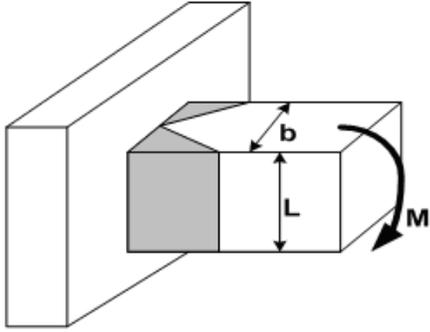
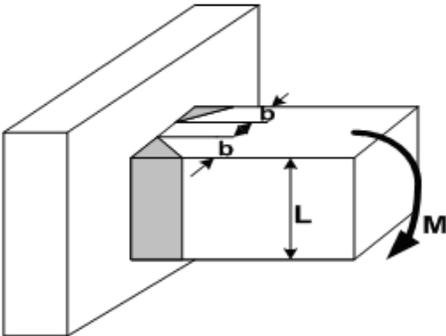
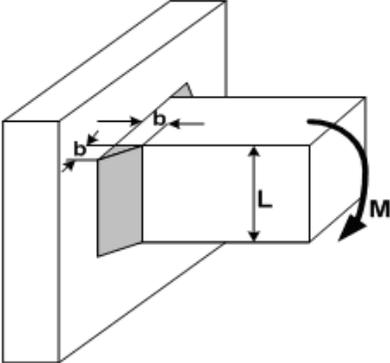
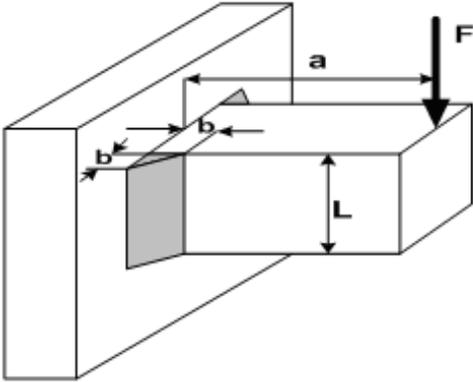
**TABLA Nº 4: ESFUERZO SOBRE LA SOLDADURA DE LAS PRINCIPALES FORMAS DE UNIR PIEZAS POR MEDIO DE SOLDADURA**

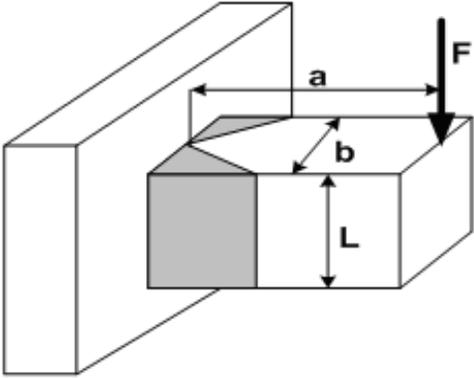
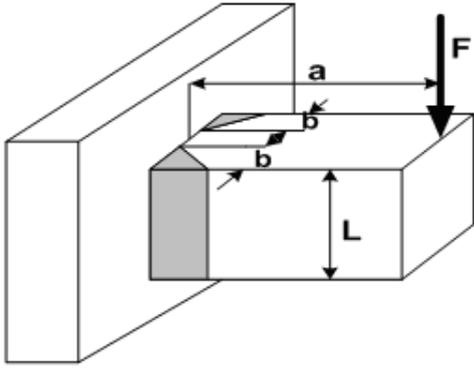
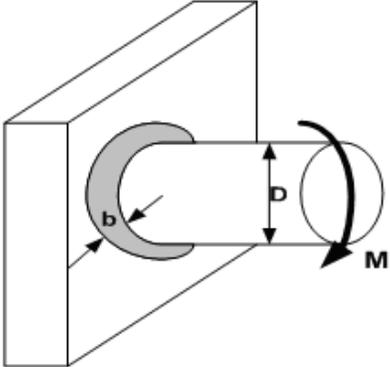
Tipo de Soldadura	Figura	Formula para calcular el esfuerzo en la soldadura
Tope V Esfuerzo de tracción		$S = \frac{F}{bL}$
Tope Doble V (X) Esfuerzo de tracción		$S = \frac{F}{(b1 + b2)L}$
Angulo Planchas de igual espesor Esfuerzo de tracción		$S = \frac{0,707 F}{bL}$
Angulo Ambas planchas del mismo espesor Esfuerzo de tracción		$S = \frac{0,707 F}{bL}$
Tope V sometida a momento flector		$S = \frac{6M}{Lb^2}$

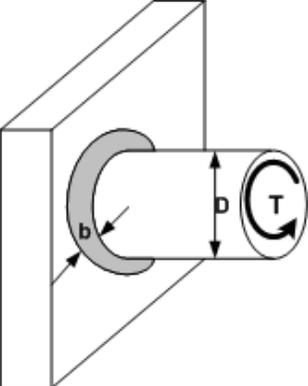
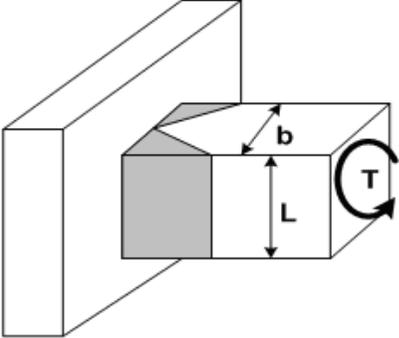
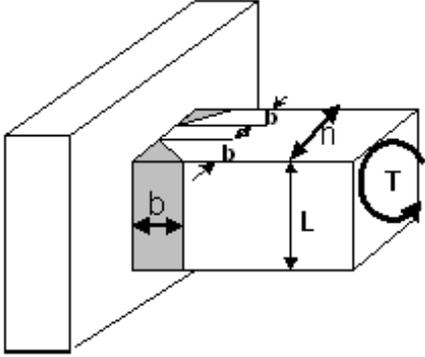
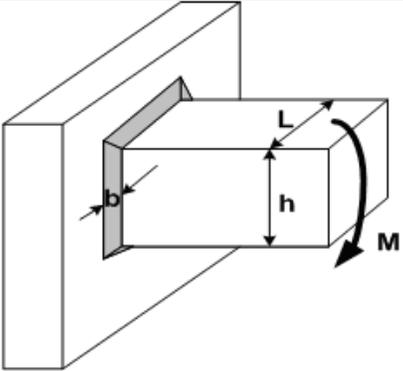
<p>Tope doble V</p> <p>Sometido a momento flector</p>		$S = \frac{3 t M}{L b (3t - 6 b t + 4b^2)}$
<p>Angulo.</p> <p>Planchas de diferentes espesor</p> <p>Esfuerzo en la soldadura A igual a Esfuerzo en la soldadura B</p>		<p>Soldadura A</p> $S = \frac{1,414 F}{(b_1 + b_2)L}$ <p>Soldadura B</p> $S = \frac{1,414 F b_2}{b_2 L (b_2 + b_2)}$
<p>Angulo</p> <p>90° sometido a tracción</p>		$S = \frac{F}{b L}$
<p>Angulo</p> <p>90° sometido a momento flector</p>		$S = \frac{6 M}{L b^2}$
<p>Angulo</p> <p>Profundidad Soldadura parcial en ambos lados de la plancha</p> <p>90° sometido a tracción</p>		$S = \frac{F}{(b_1 + b_2)L}$

<p>Angulo</p> <p>Profundidad Soldadura parcial en ambos lados de la plancha 90° sometido a momento flector</p>		$S = \frac{3 e M}{L b (3e^2 - 6eb + 4b^2)}$
<p>Angulo</p> <p>Sometido a corte</p>		$S = \frac{0,707 F}{b l}$
<p>Angulo</p> <p>Tres planchas sometidas a corte</p>		$S = \frac{0,354 F}{b L}$
<p>Angulo</p> <p>90° sometido a tracción</p>		$S = \frac{0,707 F}{b L}$

<p>Angulo</p> <p>90° sometido a momento flector y corte (Esfuerzos combinados)</p>		$S = \frac{6 F a}{L b^2}$ $S_s = \frac{F}{L b}$
<p>Angulo</p> <p>Profundidad Soldadura parcial en ambos lados de la plancha 90° sometido a momento Flector y Corte</p>		$S = \frac{3 e F a}{L b(3e^2 - 6eb + 4b^2)}$ $S_s = \frac{F}{2 L b}$
<p>Angulo</p> <p>90° sometido a momento flector</p>		$S = \frac{1,414 M}{b L (h + b)}$
<p>Angulo</p> <p>90° sometido a momento flector y corte (Esfuerzos combinados)</p>		$S_s = \frac{0,707 F}{b L}$ $S = \frac{F}{b L (h + b)} \sqrt{2a^2 + \frac{(h + b)^2}{2}}$

<p>Angulo</p> <p>Barra rectangular y plancha 90° sometido a Momento flector</p>		$S = \frac{6M}{bL^3}$
<p>Angulo</p> <p>Profundidad Soldadura parcial en ambos lados de la barra 90° sometido a momento Flector</p>		$S = \frac{3M}{bL^3}$
<p>Angulo</p> <p>Barra rectangular y plancha 90° sometido a Momento flector</p>		$S = \frac{4,24M}{bL^3}$
<p>Angulo</p> <p>Soldadura en ambos lados de la Barra 90° sometido a momento Flector y Corte (Esfuerzos combinados)</p>		$S = \frac{4,24Fa}{bL^3}$ $S_s = \frac{0,707F}{bL}$

<p>Angulo</p> <p>Soldadura en ambos lados de la Barra 90° sometido a momento Flector y Corte (Esfuerzos combinados)</p>		$S = \frac{6 F a}{b L^2}$ $S_s = \frac{F}{b L}$
<p>Angulo</p> <p>Soldadura parcial en ambos lados de la Barra rectangular 90° sometido a momento Flector y Corte (Esfuerzos combinados)</p>		$S = \frac{3 F a}{b L^2}$ $S_s = \frac{F}{2 b L}$
<p>Angulo</p> <p>Soldadura alrededor de la Barra redonda 90° sometido a momento Flector</p>		$S = \frac{5,66 M}{\pi b D^2}$

<p>Angulo</p> <p>Soldadura alrededor de la Barra redonda 90° sometido a momento Torsor</p>		$S_s = \frac{2,83 T}{\pi b D^2}$
<p>Angulo</p> <p>Soldadura ambos lados de la Barra rectangular 90° sometido a momento Torsor</p>		$S_s = \frac{T (3L + 1,8 b)}{b^2 L^2}$
<p>Angulo</p> <p>Soldadura parcial en ambos lados de la Barra rectangular 90° sometido a momento Torsor</p>		$S_s = \frac{T}{2 (h - b)(L - b)b}$
<p>Angulo</p> <p>Soldadura alrededor de la Barra rectangular 90° sometido a momento Flector</p>		$S = \frac{4,24 M}{b [h^2 + 3L(h + b)]}$

Fuente: Elementos de Maquinas I, Ing. Manuel Molina, U.C.