



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

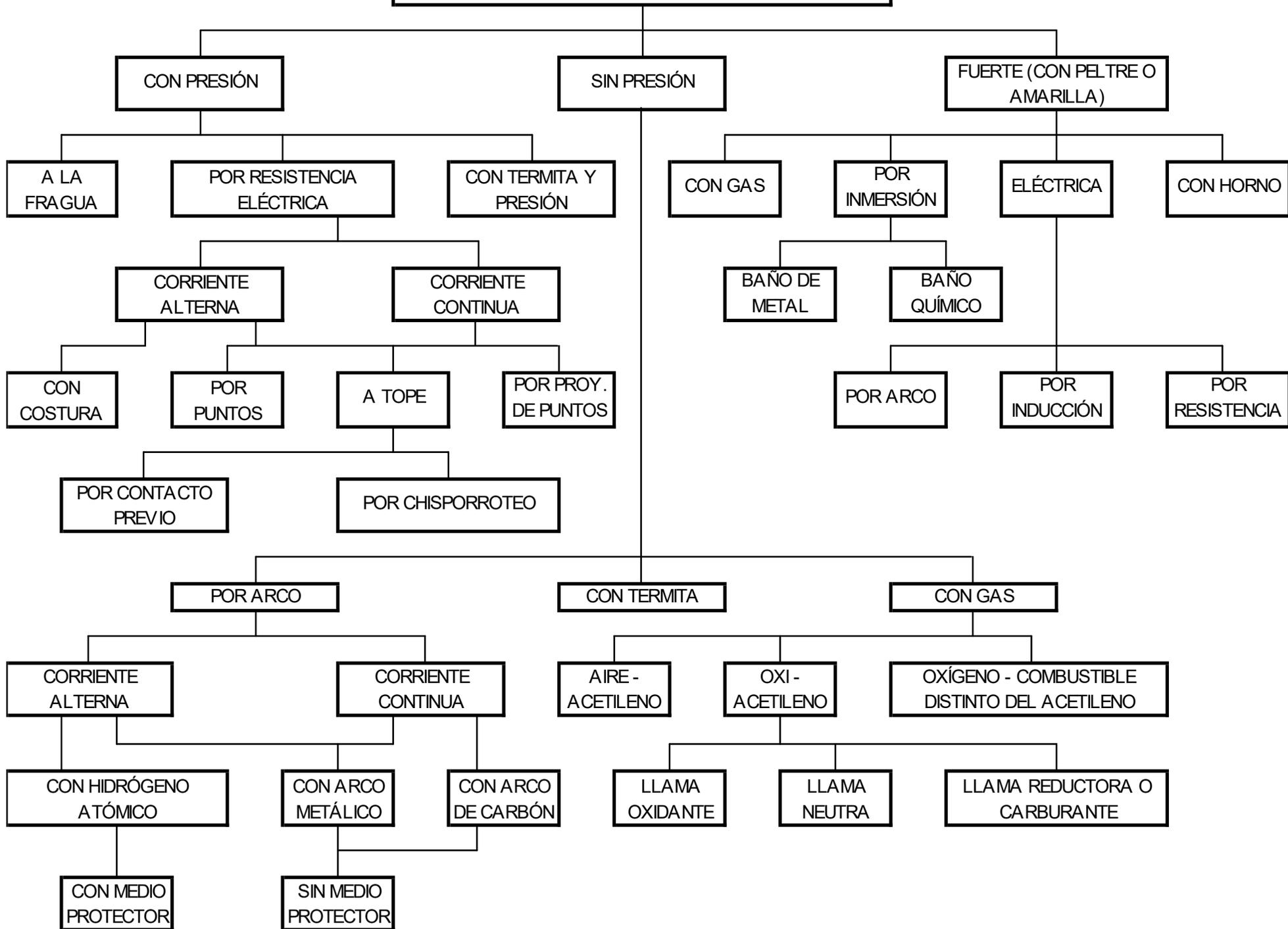
UNIONES SOLDADAS

CIRSOC 301

CIRSOC 304

Ing. Daniel O. Bonilla
2024

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA



SOLDADURA CON ARCO METÁLICO

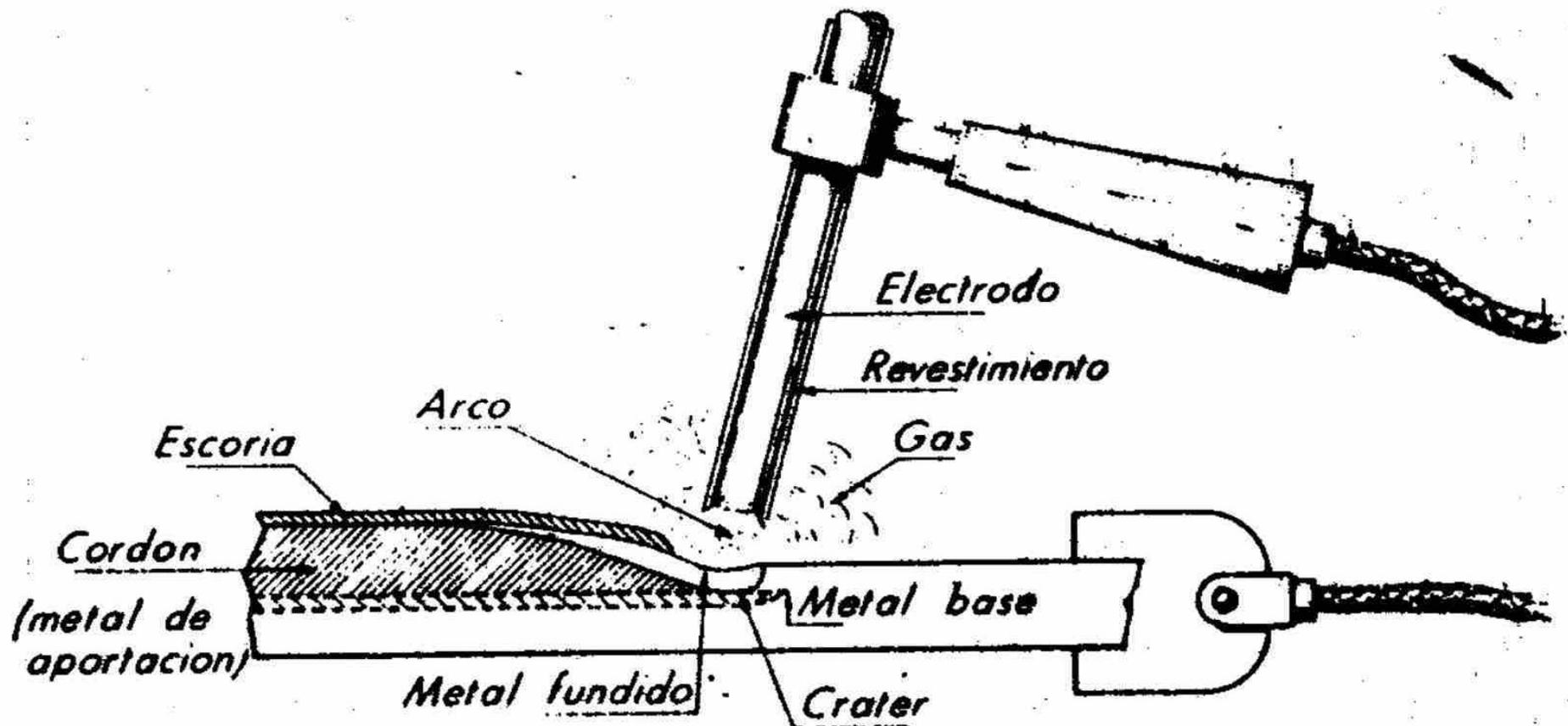


Fig. II.C.1

UNIONES SOLDADAS

VENTAJAS

- MÁS LIVIANA
- NO DEBILITA
- SIMPLICIDAD
- CONTINUIDAD
- MAYOR TOLERANCIA

DESVENTAJAS

- ARTICULACIONES
- MANO DE OBRA
- TENSIONES RESIDUALES
- EQUIPAMIENTO

CLASES DE ACEROS SEGÚN SU APTITUD PARA LA SOLDADURA

<i>Clase de Acero</i>	<i>Grado de Desoxid.</i>	<i>Flexión por impacto [J/cm²]</i>	<i>Temperatura [°C]</i>
I	Semicalmado	.-	.-
II	Calmando	35	± 0
III	Calmando	35	- 20
IV	Calmando	35	- 40

COMPOSICIÓN QUÍMICA

<i>Clase de Acero</i>	<i>C máx</i>	<i>Mn máx</i>	<i>Si máx</i>	<i>S máx</i>	<i>P máx</i>
I	0.24	1.50	.-	0.05	0.06
II	0.24	1.50	0.50	0.05	0.05
III	0.24	1.50	0.40	0.05	0.05
IV	0.22	1.50	0.40	0.04	0.04

CARBONO EQUIVALENTE

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Si:

C < 0.22%

Ce ≤ 0.41%

t ≤ 37 mm

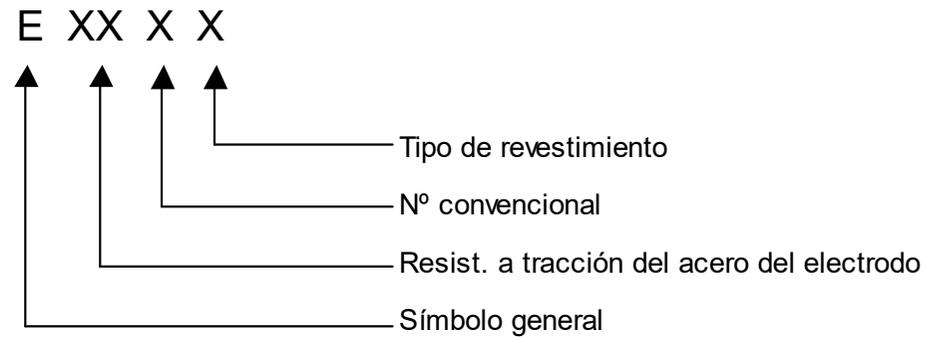


Acero apto para soldar

ELECTRODOS: TIPOS DE REVESTIMIENTO

<i>TIPO</i>	<i>CONTIENEN</i>	<i>FUSIÓN</i>	<i>PENETRACIÓN</i>	<i>POSICIÓN DE SOLDEO</i>
Ácido (A)	Óxido de hierro	Fácil	Aceptable	Plana
Básico (B)	Carbonatos básicos	Difícil	Aceptable	Todas
Celulósico (C)	Sustancias orgánicas	Fácil	Grande	Todas
Rutílico (R)	Óxido de titanio	Regular	Media	Vert-Techo

DESIGNACIÓN:



<i>N° convenc.</i>	<i>Alargamiento a la rotura en tracción</i>	<i>Temperat. °C</i>	<i>Resiliencia J</i>
0	--	--	--
1	20	+20	28
2	22	0	28
3	24	-20	28
4	24	-30	28

Clasificación	Descripción Comercial/ Norma	Metal Depositado	Descripción / Aplicación	Propiedades Mecánicas	Posición de soldadura	Tensión Tipo Corriente	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Rango de Corriente (A)	
AL CARBONO (AWS A5.1)	Celulósico	CONARCO 10 Punta Plateada E6010 / ABS / LR	C 0,13 Mn 0,50 Si 0,20	Muy buena penetración para soldadura en toda posición. Electrodo universal para uso en fabricación y montaje donde las condiciones de soldadura no son ideales (óxido, mala preparación de bases, etc). Apto para soldadura de cañerías y aceros de baja, media y alta presión, gasoductos, soldadura de aceros API 5L X 42, X46, X52, aceros ASTM A 53 grado A/B, A108 A/B, A134 A/B, A139 A/B, A151 A/B, A155 A/B y similares. Soldaduras de cascos de barcos en chapa naval, chapa estructural de acero al carbono de baja y media resistencia, calderas, recipientes de presión, estructuras de puentes, muelles, edificios y similares.	R 529 MPa Rf 466 MPa AI 29% CVN (-30 °C) 53J		CC(+)	2,5 3,25 4 5	350 350 350 450	40 - 55 90 - 135 135 - 180 160 - 200
	Celulósico	CONARCO 11 Punta Blanca E6011	C 0,08 Mn 0,39 Si 0,15	Electrodo celulósico de buena penetración apto para toda posición. Indicado para la soldadura de tubos con y sin costura para uso en calderas, condensadores, intercambiadores de calor y otros recipientes de alta presión. Su característica más destacada es la de poder usarse con corriente alterna utilizando transformadores con tensión de vacío (OCV) ≥ 60 V. Para aplicar especialmente en montajes, instalaciones y talleres donde no se dispone de corriente continua.	R 504 MPa Rf 431 MPa AI 24% CVN (-30 °C) 52J		CC(+)	2,5 3,25 4	350 350 350	55 - 75 100 - 130 135 - 160
	Celulósico	LOSARC 11 Punta Amarilla E6011	C 0,10 Mn 0,61 Si 0,24	Apto para el uso con corriente alternada. Buena penetración. Construcción naval, tanques, cañerías, calderas y adecuado para soldaduras de galvanizados.	R 520 MPa Rf 430 MPa AI 27% CVN (-30 °C) 85J		CC(+)	2,5 3 4	350 350 350	50 - 80 90 - 130 110 - 170
	Rutilico	CONARCO 12D Punta Dorada E6012	C 0,10 Mn 0,47 Si 0,33	Electrodo rutilico con muy buena operatividad en toda posición y cordones de excelente terminación. Se utiliza en estructuras metálicas livianas, maquinaria agrícola, construcción de carrocerías de vehículos en general, vagones, carpintería metálica, etc. Puede utilizarse con transformador cuya tensión de vacío (OCV) resulte ≥ 50 V.	R 529 MPa Rf 448 MPa AI 27%		CC(-)	2,5 3,25 4 5	350 350 350 450	60 - 85 100 - 130 140 - 180 200 - 250
	Rutilico	LOSARC 68 Punta Roja E6012	C 0,07 Mn 0,32 Si 0,29	Electrodo de revestimiento rutilico, de manejo fácil en toda posición, incluso vertical descendente, para todas las necesidades del taller.	R 430 MPa Rf 330 MPa AI 17%		CC(-)	2,5 3,25 4	350 350 350	60 - 75 100 - 130 125 - 160
	Rutilico	CONARCO 13A Punta Azul E6013	C 0,08 Mn 0,39 Si 0,29	Electrodo de revestimiento rutilico con muy buena terminación de cordón y fácil desprendimiento de escoria. Es el electrodo más usado en chapa fina y soldadura de filete. Se lo utiliza en carrocerías de vehículos, carpintería metálica, conductos de ventilación, estructuras livianas, carrocerías de vagones y aplicaciones similares. Pueden utilizarse con transformador cuya tensión de vacío (OCV) resulte ≥ 50 V.	R 510 MPa Rf 457 MPa AI 24%		CC(-)	2 3,25 4 5	300 350 350 450	40 - 65 60 - 85 100 - 130 140 - 180 180 - 230
	Rutilico	LOSARC PUNTA AZUL E6013	C 0,08 Mn 0,39 Si 0,29	Electrodo de fusión suave, sin salpicaduras adherentes, de fácil encendido y reencendido, escoria auto desprendible, que permite obtener cordones regulares con aguas finas y parejas, de excelente aspecto. Se aprecia especialmente en trabajos en donde se requiere muy buena terminación y es de amplia aplicación en filete y chapa fina.	R 510 MPa Rf 457 MPa AI 24% CVN (+20 °C) 60J		CC(-)	2 2,5 3,25 4 5	300 350 350 350 450	40 - 65 60 - 85 100 - 130 140 - 180 200 - 250
	Rutilico	OK 46.13C Punta Azul E6013	C 0,08 Mn 0,39 Si 0,29	Electrodo de rutilo para uso general en todas las posiciones de soldadura y las articulaciones, incluso mal preparada. Aplicable en estructuras de acero, fabricación en general y láminas galvanizadas. Características de manejo fácil, arco estable, baja las pérdidas de salpicaduras, escoria de fácil eliminación. Produce excelentes cuerdas acabado. Fácil características de apertura de arco, lo que hace su uso muy adecuado para virar. Especialmente para el trabajo en la ferretería.	R 510 MPa Rf 457 MPa AI 24%		20 - 30V CA ≥ 50V CC(+)	2 2,5 3,25 4	300 350 350 350	40 - 65 60 - 85 100 - 130 140 - 180
	Rutilico	CONARCO 24 Punta Naranja E6013	C 0,09 Mn 0,66 Si 0,40	Electrodo de revestimiento rutilico de alto rendimiento y muy buenas propiedades operativas. Penetración mediana y cordón plano con excelente terminación. Indicado para la soldadura de estructuras metálicas, tanques, barcos, máquinas, en posiciones plana o filete horizontal. Ideal en aquellas aplicaciones en las que se necesita, además de la calidad referida en las normas, una alta velocidad de deposición.	R 567 MPa Rf 488 MPa AI 22%		CC(-)	3,25 4 5	350 450 450	140 - 180 180 - 220 200 - 240

https://www.esab.com.ar/ar/sp/support/documentation/upload/catalogo-resumido_arg_sp_web.pdf

TIPOS DE UNIONES SOLDADAS

Tenemos básicamente tres tipos de uniones soldadas. (Figura 2-20)

(a) a tope.

(b) de filete.

(c) de tapón o de muesca.

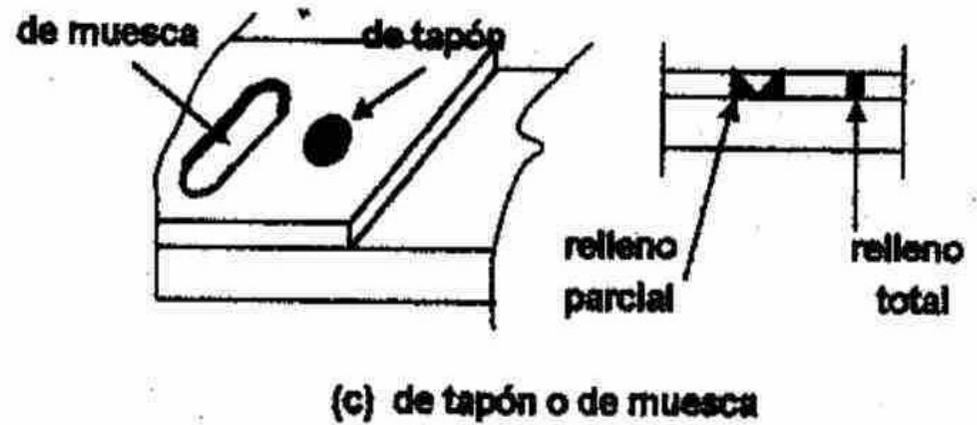
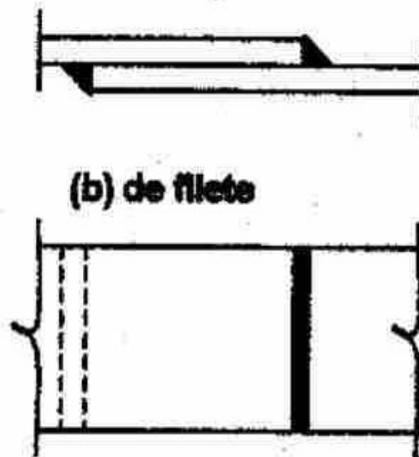
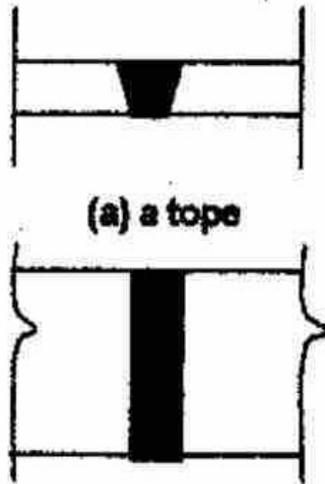


Figura 2-20

CLASIFICACIÓN DE UNIONES SOLDADAS

En lo referente a la posición en que se ejecuta la soldadura podemos establecer una clasificación según se indica en la Figura 2-21.

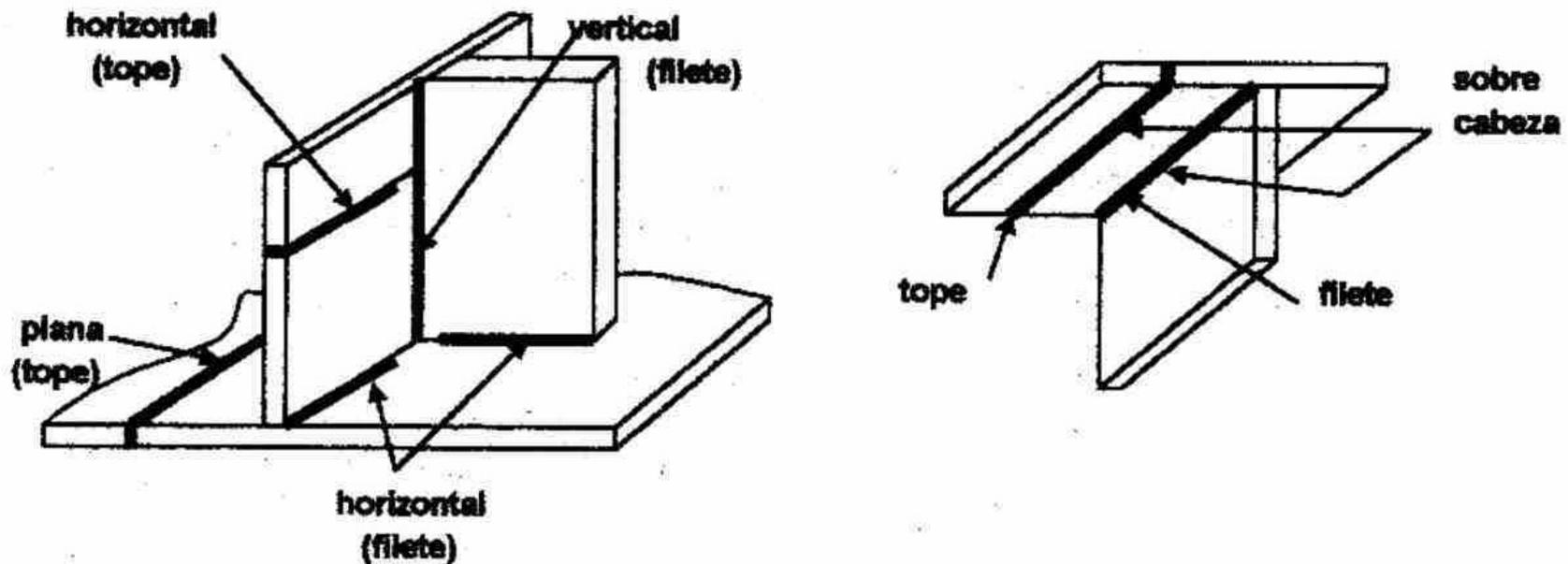


Figura 2-21

TIPOS DE JUNTAS EN UNIONES SOLDADAS

Se puede establecer una clasificación según el tipo de junta de acuerdo a la Figura 2-22.



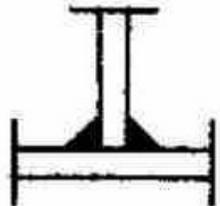
a tope
(a)



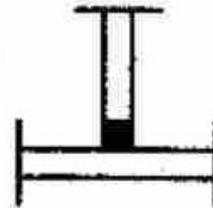
traslapada
(b)



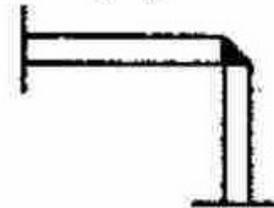
de borde
(c)



te (filete)
(d)



te (tope)
(e)



de esquina
(f)

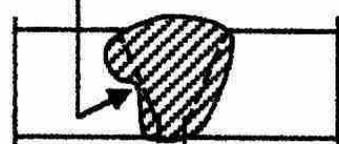
Figura 2-22

DEFECTOS EN LA SOLDADURA

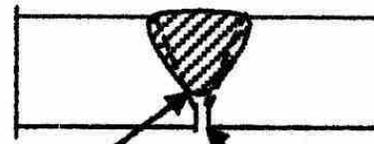
socavación



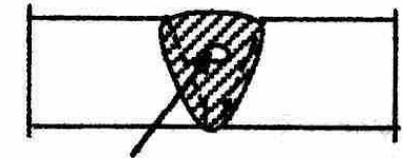
falta de fusión



penetración
incompleta

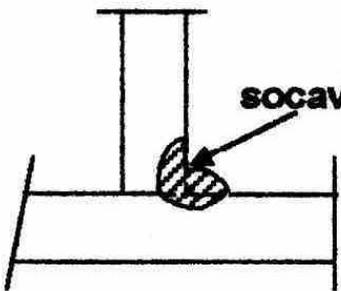


raíz

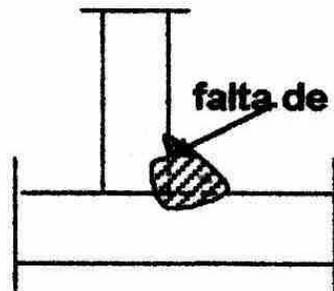


inclusión de escoria

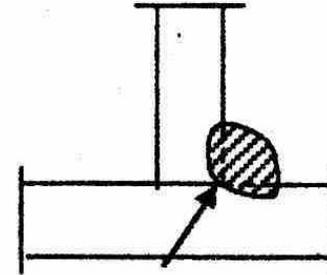
socavación



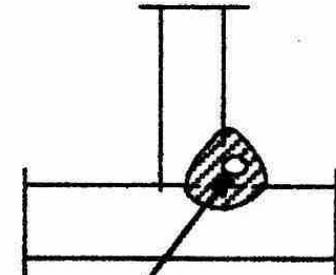
falta de fusión

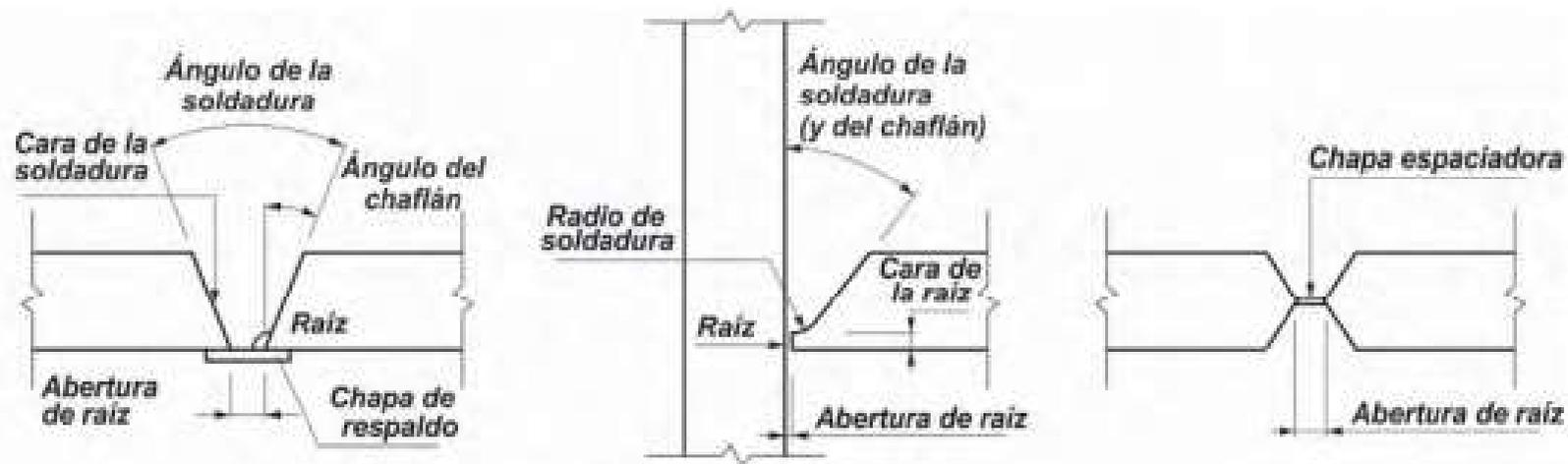


penetración incompleta

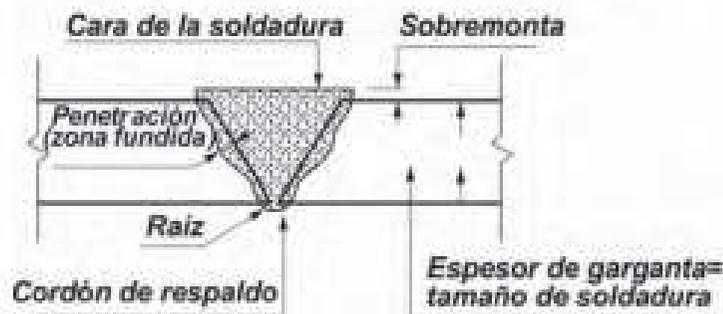


inclusión de escoria

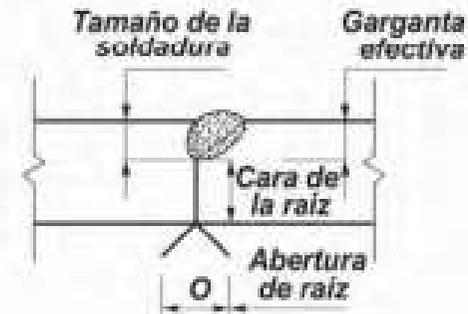




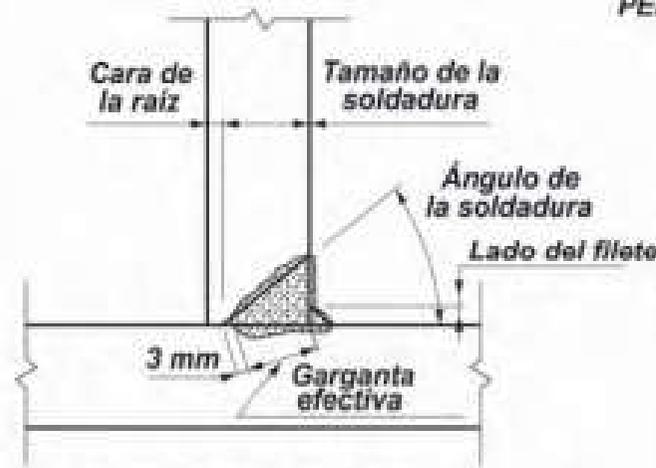
PREPARACIÓN



PENETRACIÓN COMPLETA



PENETRACIÓN PARCIAL



PENETRACIÓN PARCIAL
(cuando se especifica un filete de refuerzo)

JUNTAS A TOPE

Figura J.2.1. Nomenclatura de soldadura a tope.

Tabla J.2.1. Espesor de garganta efectivo de soldaduras a tope de penetración parcial

Proceso de soldadura	Posición de soldado F (plano) H (horizontal) V(vertical) OH (sobre cabeza)	Preparación de la junta	Espesor de garganta efectivo
<ul style="list-style-type: none"> • Arco c/ electrodo metálico protegido • Arco c/ electrodo metálico bajo protección gaseosa • Arco con núcleo fundente 	Todas	Juntas en U ó J Junta en V $\geq 60^\circ$	Altura del chaflán
<ul style="list-style-type: none"> • Arco sumergido 	F	Juntas en U ó J Bisel o Junta en V $\geq 60^\circ$	
<ul style="list-style-type: none"> • Arco c/ electrodo metálico bajo protección gaseosa • Arco con núcleo fundente 	F, H	Bisel $\geq 45^\circ$	
<ul style="list-style-type: none"> • Arco c/ electrodo metálico protegido 	Todas	Bisel $\geq 45^\circ$	
<ul style="list-style-type: none"> • Arco c/ electrodo metálico bajo protección gaseosa • Arco con núcleo fundente 	V, OH	Bisel $\geq 45^\circ$	Altura del chaflán menos de 3 mm

Tabla J.2.3. Espesor de garganta efectivo mínimo de soldadura a tope de penetración parcial

Espesor del material unido mas grueso ^(b)	Espesor mínimo de garganta efectiva ^(a)
(mm)	(mm)
hasta 6	3
más de 6 hasta 13	5
más de 13 hasta 19	6
más de 19 hasta 38	8
más de 38 hasta 57	10
más de 57 hasta 150	13
más de 150	16

(a) Ver la Sección J.2.

(b) Como alternativa, si se define en el proyecto el *tipo de electrodo y/o el precalentamiento* a utilizar, se podrá aplicar lo establecido en la Tabla 3.4. del Reglamento CIRSOC 304-2007

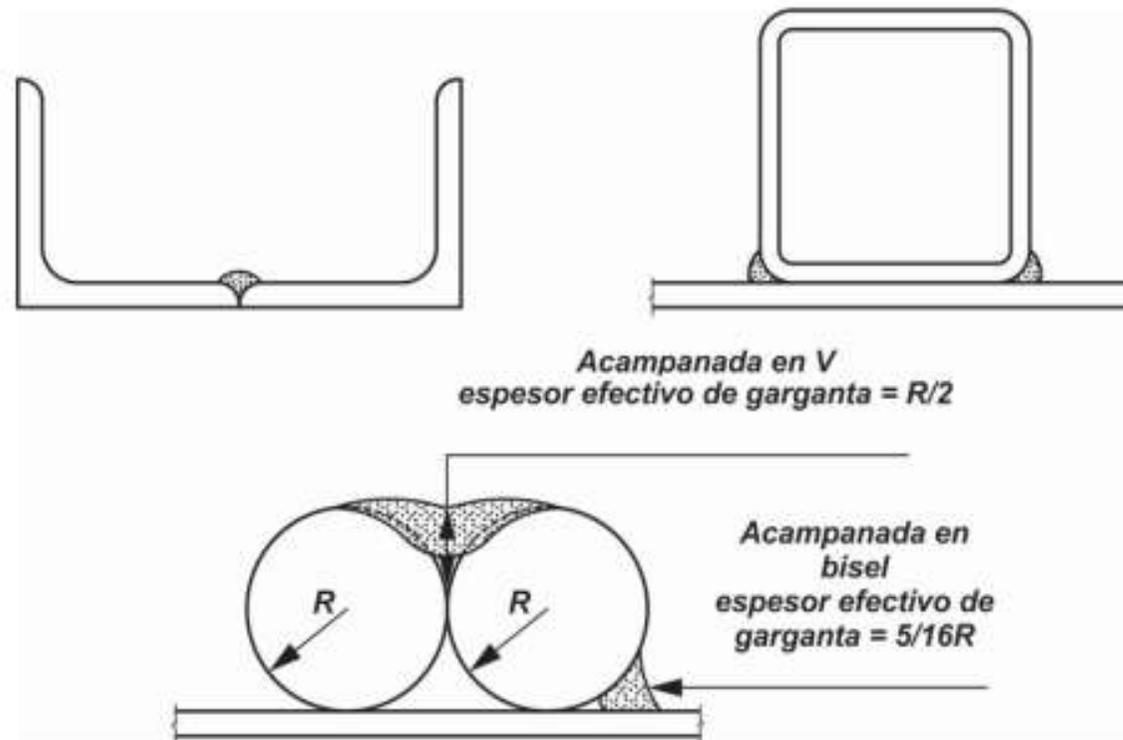


Figura J.2.2. Nomenclatura de soldaduras a tope acampanadas.

Tabla J.2.2. Espesores de garganta efectivo de soldaduras a tope acampanadas

Tipo de soldadura	Acampanada en bisel ^(a)	Acampanada en V
<ul style="list-style-type: none"> • Arco con electrodo metálico bajo protección gaseosa • Arco con núcleo fundente bajo protección gaseosa 	$5/8 R$	$3/4 R$
<ul style="list-style-type: none"> • Arco con electrodo metálico protegido • Arco con núcleo fundente auto-protegido 	$5/16 R$	$5/8 R$
<ul style="list-style-type: none"> • Arco sumergido 	$5/16 R$	$1/2R$

(a) Para acampanadas en bisel con $R < 10mm$ se usará únicamente una soldadura de filete de refuerzo sobre la junta enrasada

Nota general:

R es el radio de la barra (circular) o de plegado.

JUNTAS DE FILETE

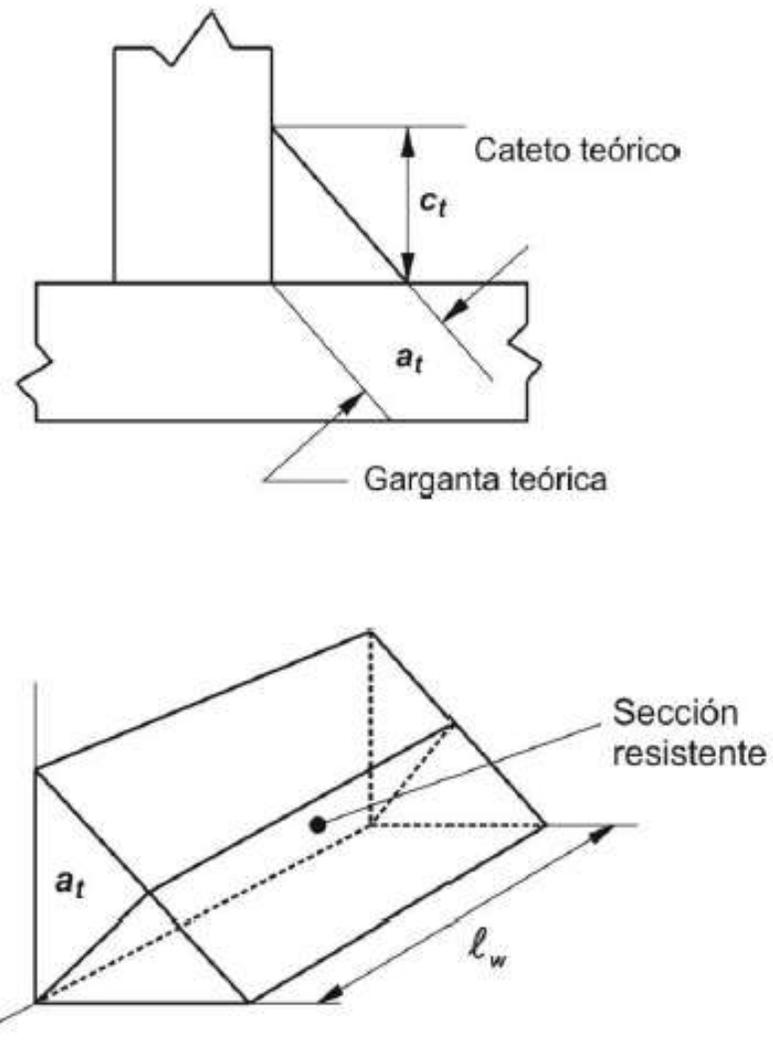
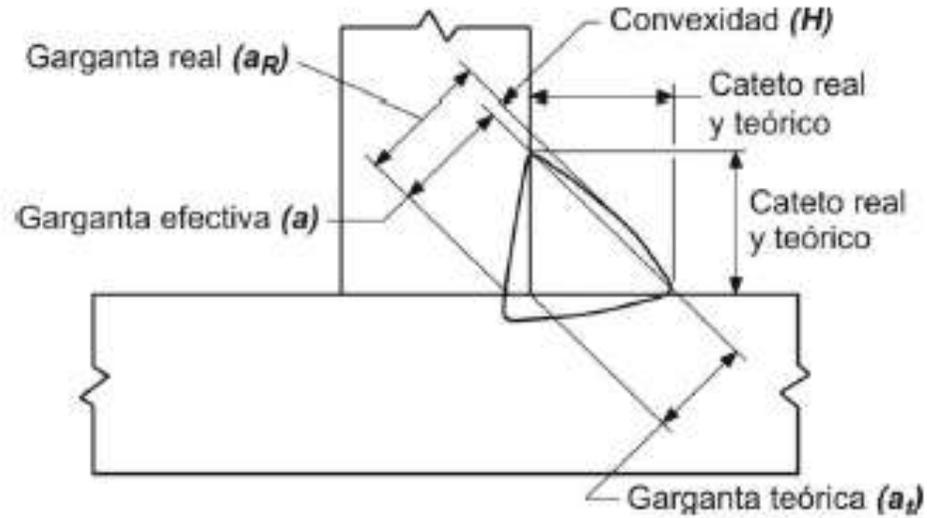
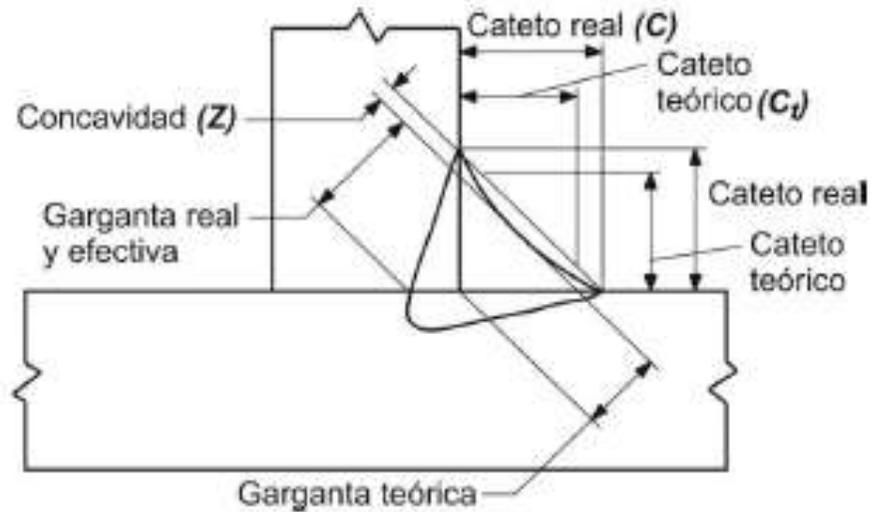


Figura 2.1. Dimensiones teóricas y sección resistente de una junta de filete.

JUNTAS DE FILETE



A) Filete convexo



B) Filete cóncavo

JUNTAS DE FILETE

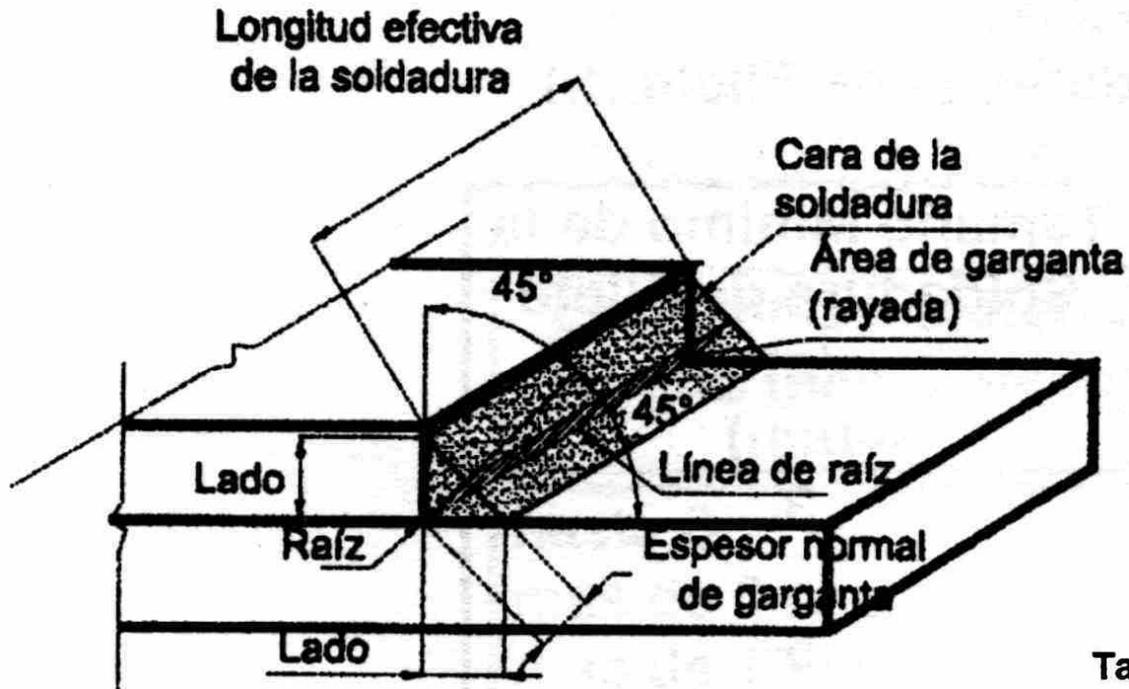


Tabla J.2-4
Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete (b)

Espesor del Material Unido más Grueso (mm)	Tamaño Mínimo de la Soldadura de Filete (a) (mm)
Hasta 6	3
Más de 6 hasta 13	5
Más de 13 hasta 19	6
Más de 19	8

(a) Lado del filete. Debe hacerse de una sola pasada.
(b) Ver la Sección J.2.2(b) para el lado máximo del cordón de filete.

JUNTAS DE FILETE

2.3.2.8. Máximo tamaño o cateto en juntas de solape o empalme por yuxtaposición

El máximo tamaño o cateto de una soldadura de filete en una junta de solape deberá ser:

- (1) igual al espesor del metal base cuando el mismo sea menor que 6 mm , tal como se indica en la Figura 2.3., Detalle A.
- (2) 2 mm menor que el espesor del metal base, como mínimo, cuando el mismo sea mayor o igual a 6 mm , tal como se indica en la Figura 2.3., Detalle B.

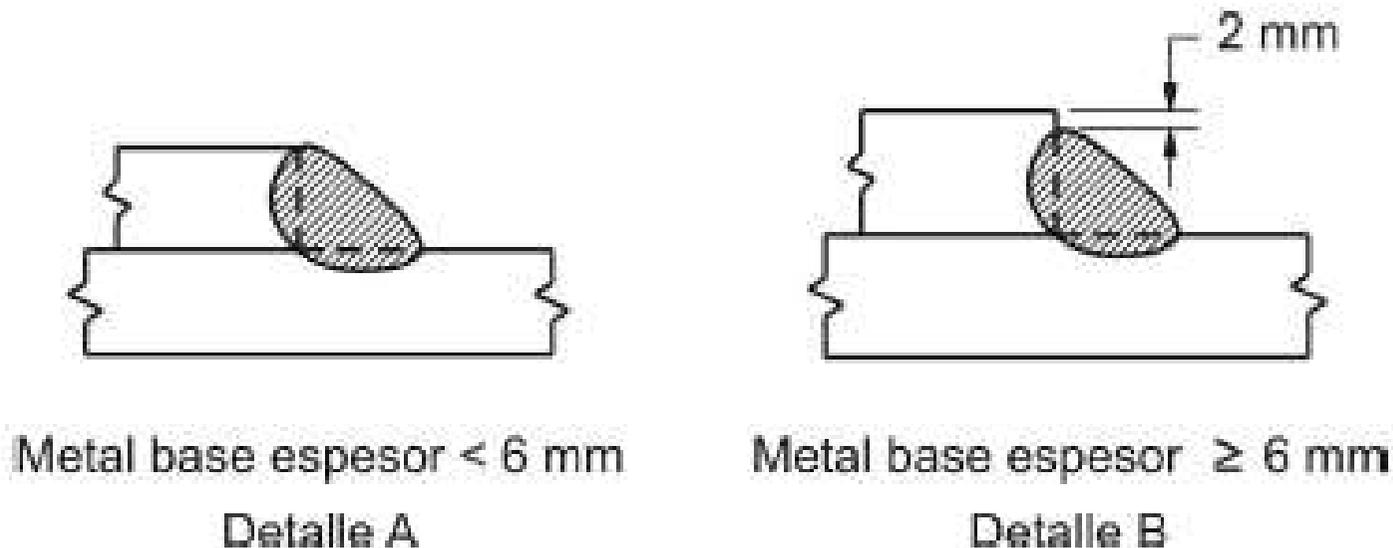


Figura 2.3. Filete en junta de solape.

SOLDADURA: RESISTENCIA DE DISEÑO

$$RD1: \Phi \times F_{BM} \times A_{BM} \times (10^{-1})$$

SE ADOPTA EL MENOR VALOR

$$RD2: \Phi \times F_W \times A_W \times (10^{-1})$$

Donde:

Φ Factor de Resistencia

F_{BM} Resistencia nominal del material base

A_{BM} Área de la sección transversal del material base

F_W Resistencia nominal del material del electrodo

A_W Área de la sección efectiva de la soldadura

REMITIRSE A TABLA J.2-5

Tabla J.2.5. Resistencia de diseño de uniones soldadas según el tipo de soldadura

Tipo de fuerza y dirección ^(a)	Material crítico	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal F_{nBM} o F_{nw}	Área efectiva A_{BM} o A_{we}	Nivel de resistencia requerida del material de aporte ^{(b) (c)}
SOLDADURAS A TOPE DE PENETRACIÓN COMPLETA					
Tracción perpendicular al área efectiva	Base	0,9	F_y	A_{BM}	Se debe usar metal de aporte compatible con metal base. Para requerimientos de Ensayo Charpy ver ^(d)
Compresión perpendicular al área efectiva	Base	0,9	F_y	A_{BM}	Se debe usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el del metal de aporte compatible con el metal base.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura	Base	0,9	F_y	A_{BM}	Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el del metal de aporte compatible con el metal base.
	La tracción o compresión en las partes unidas, paralela al eje de la soldadura, no necesita ser considerada en el dimensionado de la unión soldada				
Corte en el área efectiva	Base	0,90	$0,60 F_y$	A_{BM}	Se debe usar metal de aporte compatible con el metal base. ^(e)
	Electrodo	0,60	$0,60 F_{EXX}$	A_w	

Tabla J.2.5. Resistencia de diseño de uniones soldadas según el tipo de soldadura

Tipo de fuerza y dirección ^(a)	Material crítico	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal F_{nBM} o F_{nW}	Área efectiva A_{BM} o A_{wE}	Nivel de resistencia requerida del material de aporte ^{(b) (c)}
SOLDADURAS A TOPE DE PENETRACIÓN PARCIAL Y SOLDADURAS A TOPE ACAMPANADAS					
Tracción perpendicular al área efectiva	Base	0,75	F_u	Ver J.4	Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el del metal de aporte compatible con el metal base.
	Electrodo	0,60	0,60 F_{EXX}	Ver J.2.1a	
Compresión Columna a base de apoyo y empalmes de columnas proyectadas por la Sección J.1.4(a)	No se necesita considerar la tensión de compresión en el proyecto de las soldaduras que unen las partes				
Compresión Uniones de miembros portantes que no sean columnas, proyectados por la Sección J.1.4(b)	Base	0,90	F_y	Ver J.4.	
	Electrodo	0,65	0,60 F_{EXX}	Ver J.2.1a	
Compresión Uniones de miembros no portantes	Base	0,90	F_y	Ver J.4.	
	Electrodo	0,65	0,90 F_{EXX}	Ver J.2.1a	
Tracción o compresión paralelos al eje de la soldadura	La tracción o compresión en las partes unidas, paralela al eje de la soldadura, no necesita ser considerada en el dimensionado de la unión soldada				
Corte en el área efectiva	Base	Gobernado por la Sección J.4.			
	Electrodo	0,60	0,60 F_{EXX}	J.2.1a	

Tabla J.2.5. (continuación), Resistencia de diseño de uniones soldadas según el tipo de soldadura

Tipo de fuerza y dirección ^(a)	Material crítico	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal F_{nBM} o F_{nW}	Área efectiva A_{BM} o A_{we}	Nivel de resistencia requerida del material de aporte ^{(b) (c)}
SOLDADURAS DE FILETE					
Corte en el área efectiva	Base	Gobernado por la Sección J.4			Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el del metal de aporte compatible.
	Electrodo	0,60	0,6 F_{EXX}	Ver J.2.2a	
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura	La tracción o compresión en las partes unidas, paralela al eje de la soldadura, no necesita ser considerada en el dimensionado de la unión soldada.				
SOLDADURAS DE TAPÓN Y DE MUESCA					
Corte paralelo a la superficie de emplame (en el área efectiva)	Base	Gobernado por la Sección J.4.			Se permite usar metal de aporte con un nivel de resistencia igual o menor que el del metal de aporte compatible.
	Electrodo	0,60	0,60 F_{EXX}	Ver J.2.1a	
<p>(a) Para la definición del área efectiva, ver la Sección J.2.</p> <p>(b) Para el material de aporte compatible con el metal base ver la Tabla 3.1. del <i>Reglamento CIRSOC 304-2007</i>.</p> <p>(c) Se permite un material de aporte con un nivel de resistencia un nivel mayor al compatible con el metal base.</p> <p>(d) Para juntas en <i>T</i> o en ángulo sin retiro de chapas de respaldo en servicio se deberá usar material de aporte con una mínima tenacidad Charpy de 27J a 4°C. Ver la Sección J.2.6. Si el material de aporte no cumple la citada exigencia y la chapa de respaldo no es retirada la soldadura será dimensionada usando el factor de resistencia y la resistencia nominal de la soldadura a tope de penetración parcial.</p> <p>(e) Se puede usar material de aporte con un nivel de resistencia menor al compatible con el metal base para soldaduras a tope entrealas y alma que transmiten fuerza rasante en secciones armadas. En esos casos la unión soldada debe ser detallada y será dimensionada con el espesor del material como garganta efectiva, con $\phi = 0,65$ y $F_{nW} = 0,60 F_{EXX}$</p>					

SÍMBOLOS BASICOS									
De borde	Filete	Tapón o muesca	Tope						
			recto	V	Bisel	U	J	curva doble	curva simple

SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS					
Respaldo	Espaciado	Soldadura todo alrededor	Soldadura en obra (de campo)	CONTORNO	
				NIVELADO	CONVEXO

Localización standard de los elementos de un símbolo de soldadura

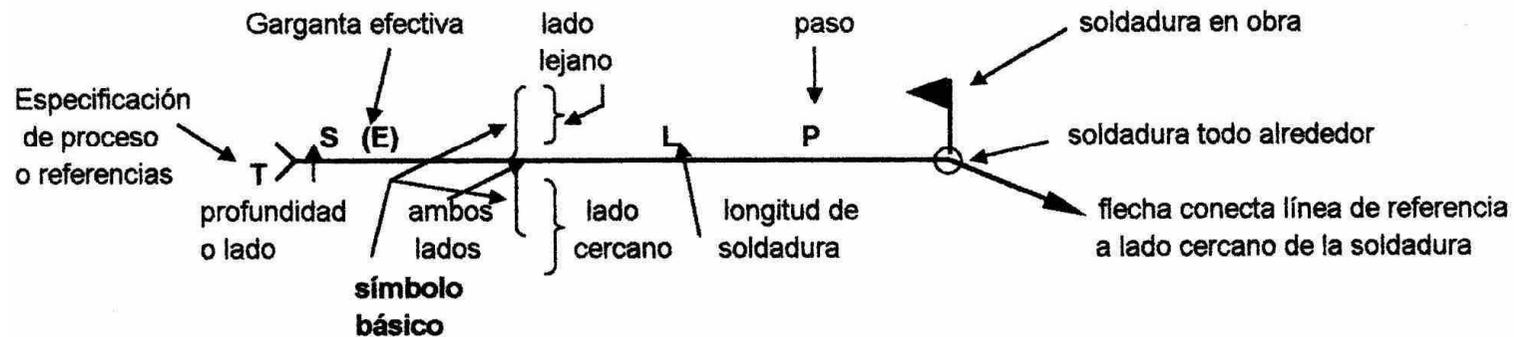


Figura 2-29

CIRSOC 304

*REGLAMENTO ARGENTINO
PARA LA SOLDADURA
DE ESTRUCTURAS EN
ACERO*

El Reglamento CIRSOC 304 abarca los requerimientos relacionados con la elaboración de la especificación de procedimientos de soldadura (**EPS**) y calificación de éstos así como la calificación de soldadores y operadores. Establece además los requisitos de calidad e inspección para la fabricación de las estructuras soldadas.

EJEMPLO N°2

Barra sometida a tracción. Unión soldada a chapa de nudo.
Aplicación Capítulos B, D y J.

Enunciado:

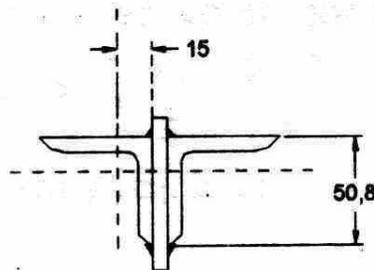
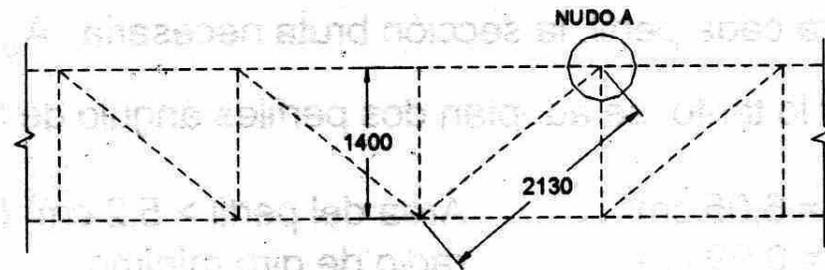
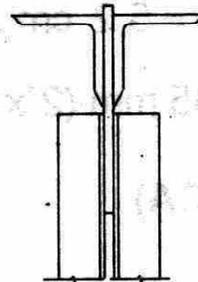
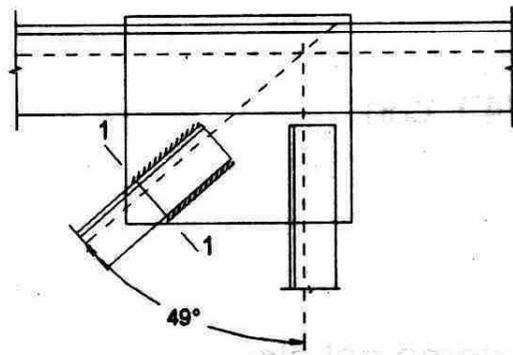
Dimensionar: una barra con dos ángulos sometida a tracción, la chapa de nudo y la unión soldada.

La fuerza de tracción requerida es $T_u=220$ KN.

El acero del ángulo y de la chapa de nudo tiene $F_y=235$ MPa y $F_u=370$ MPa.

Electrodo con $F_{exx}=480$ MPa

La barra es una diagonal de una viga reticulada.



Sec 1-1

Dimensiones en mm

1) Dimensionamiento del perfil

- Para el estado límite de fluencia en la sección bruta (Sección D.1.(a)), la mínima área bruta A_g es la que satisface

$$\begin{aligned} T_u &= \phi_t \cdot P_n \\ P_n &= F_y \cdot A_g \cdot (10^{-1}) \end{aligned} \quad (D.1-1)$$

con

despejando A_g necesaria

$$A_g = \frac{T_u \cdot 10}{\phi_t \cdot F_y}$$

$$A_g = \frac{220 \cdot 10}{0,9 \cdot 235} = 1040 \text{ cm}^2$$

(Ej. 2-1)

- Para el estado límite de rotura en la sección neta (Sección D.1(b)), la mínima área neta efectiva necesaria resulta con igual razonamiento anterior desde la Ec. (D.1-2)

$$A_e = \frac{T_u \cdot 10}{\phi_t \cdot F_u}$$

$$A_e = \frac{220 \cdot 10}{0,75 \cdot 370} = 7,93 \text{ cm}^2$$

(Ej. 2-2)

Se adopta como criterio de proyecto $U = 0,8$ (Sección B.3).

El área bruta A_g por B.3(2)(b) resulta de Ec. (B.3-1)

$$A_g = \frac{A_e}{U} = \frac{7,93}{0,8} = 9,91 \text{ cm}^2$$

(Ej.2-3)

De (Ej. 2-1) y (Ej. 2-3) resulta para los 2 perfiles ángulo: $A_g = 10,4 \text{ cm}^2$.

Para cada perfil, la sección bruta necesaria $A_{g1} = \frac{10,4}{2} = 5,2 \text{ cm}^2$.

Por lo tanto, se adoptan dos perfiles ángulo de 50.8x6.35 mm (2"x1/4") con

$$A_{g1} = 6,05 \text{ cm}^2$$

$$r_{\min} = 0,99 \text{ cm}$$

$$t_f = 0,635 \text{ cm}$$

$$\bar{x} = 1,50 \text{ cm}$$

Área del perfil $> 5,2 \text{ cm}^2$ (VERIFICA)

radio de giro mínimo

espesor del ala del ángulo

distancia del centro de gravedad a la cara externa del ala

Se verifica la esbeltez con el perfil adoptado (Sección B.7.)

$$\frac{k \cdot L}{r_{\min}} = \frac{1 \cdot 213}{0,99} = 215 < 300 \quad \text{(VERIFICA)}$$

2) Dimensionamiento de la unión soldada

Longitud de filete necesaria:

a) Por área neta efectiva del cordón

Se adoptó $U=0,8$ con lo que el estado límite determinante es la fluencia en sección bruta.

Con los perfiles adoptados $A_g = 6,05 \cdot 2 = 12,10 \text{ cm}^2$.

Siendo de Ec.(Ej. 2-1) $A_{gnecesaria} = 10,40 \text{ cm}^2$ y con $A = A_g$ (Sec. B.3(2)(b))

$$\text{El } U_{\text{mínimo}} \text{ será } U = \frac{A_e}{A_g} = \frac{7,93}{12,10} = 0,66$$

La mínima longitud L del filete resulta de $U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$ (B.3-2)

$$L = \frac{\bar{x}}{1-U} = \frac{1,5}{1-0,66} = 4,5 \text{ cm} \quad (\text{Ej. 2-4})$$

b) Por resistencia de unión soldada

Se dimensiona la unión soldada. Se utiliza soldadura de filete (Sección J.2.2). La fuerza T_u produce corte en el área efectiva. El factor de resistencia y la resistencia nominal se obtienen de la tabla J.2-5:

$$\phi = 0,75 \text{ y } F_w = 0,60 \cdot F_{EXX}$$

Para $F_{EXX} = 480 \text{ MPa}$, $F_w = 0,60 \cdot 480 = 288 \text{ MPa}$

Lado del filete: (Sección J.2.2(b))

Lado mínimo

$$\begin{array}{l} t_f = 0,635 \text{ cm} \\ t_{ch} = 0,635 \text{ cm} \end{array} \left| \text{De tabla J.2-4} \right| d_w = 5 \text{ mm} = 0,5 \text{ cm}$$

lado máximo $d_w = 6,35 - 2 = 4,35 \text{ mm}$

Se adopta $d_w = 4 \text{ mm} = 0,4 \text{ cm}$

de Sección J.2.4, la resistencia de diseño

$$R_c = \phi \cdot F_w \cdot A_w \cdot (10^{-1}) = \phi \cdot F_w \cdot e_g \cdot (10^{-1}) \cdot L \quad (\text{Ej. 2-5})$$

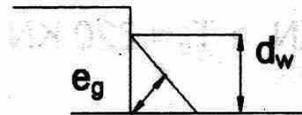


Figura Ej. 2-2

e_g (espesor efectivo de garganta) = $0,707 \cdot d_w$

$$\text{debe ser } R_c = \frac{T_u}{4} = \frac{220}{4} = 55 \text{ kN} \quad (\text{Ej. 2-6})$$

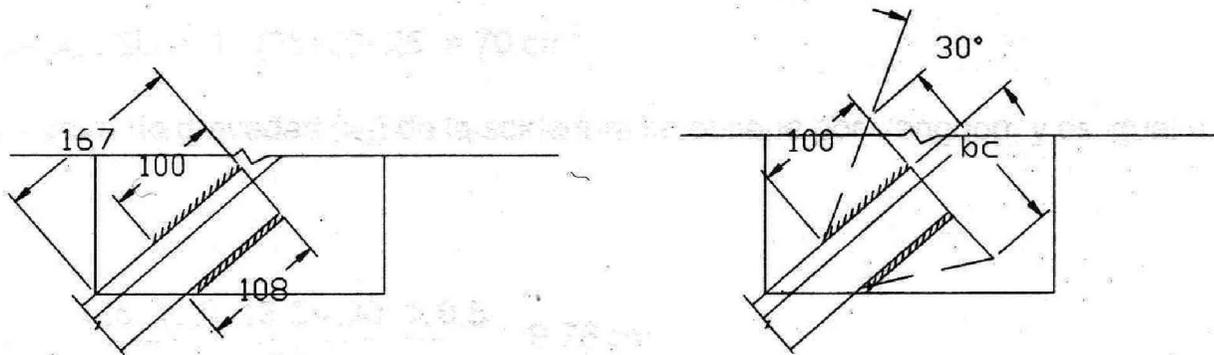
de (Ej. 2-5) y (Ej. 2-6)

$$L = \frac{55 \text{ kN} \cdot 10}{0,75 \cdot 288 \cdot 0,707 \cdot 0,4} = 9,1 \text{ cm} \quad (\text{Ej. 2-7})$$

De (Ej. 2-4) y (Ej. 2-7) se adopta $L = 10 \text{ cm}$

3) Verificación de la chapa de nudo

Se proponen las siguientes dimensiones para la chapa de nudo (ver figura): 230x250x635 mm



El ancho de cálculo de la chapa (distribución de la carga a 30°) es

$$b_c = 10 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 5,08 = 16,63 \text{ cm}$$

$$A_g = 16,63 \cdot 0,635 = 10,56 \text{ cm}^2$$

De Sección B.3.(2)(d) con $\frac{L}{W} = \frac{10}{5,08} = 1,97$ resulta $U=0,87$

$$A_n = 0,87 A_g$$

$$\text{De (Sección J.5.2(b)) } A_n = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 10,56 = 8,98 \text{ cm}^2$$

Las resistencias de diseño son:

- Por fluencia en la Sección bruta

$$R_c = \phi \cdot A_g \cdot F_y \cdot (10^{-1}) \quad (\text{J.5-1})$$

$$R_c = 0,9 \cdot 10,56 \cdot 235 \cdot 0,1 = 223,34 \text{ KN} > T_u = 220 \text{ KN} \implies \text{VERIFICA}$$

- Por rotura en la Sección neta

$$\phi R_n = \phi \cdot A_n \cdot F_u \cdot (10^{-1}) \quad (\text{J.5-2})$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 8,98 \cdot 370 \cdot 0,1 = 249 \text{ KN} > T_u = 220 \text{ KN} \implies \text{VERIFICA}$$

- Por rotura de bloque de corte (Sección J.4.3.)

Por la distribución de la fuerza de tracción no es aplicable este estado límite