

## RESISTENCIA DE DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS

$$\phi R_n = \min \left\{ \begin{array}{l} \phi F_{BM} A_{BM} \\ \phi F_w A_w \end{array} \right. \quad \text{TENSIONES}$$

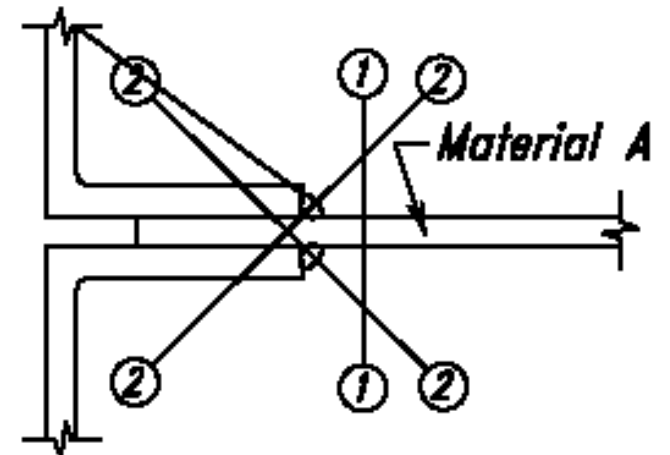
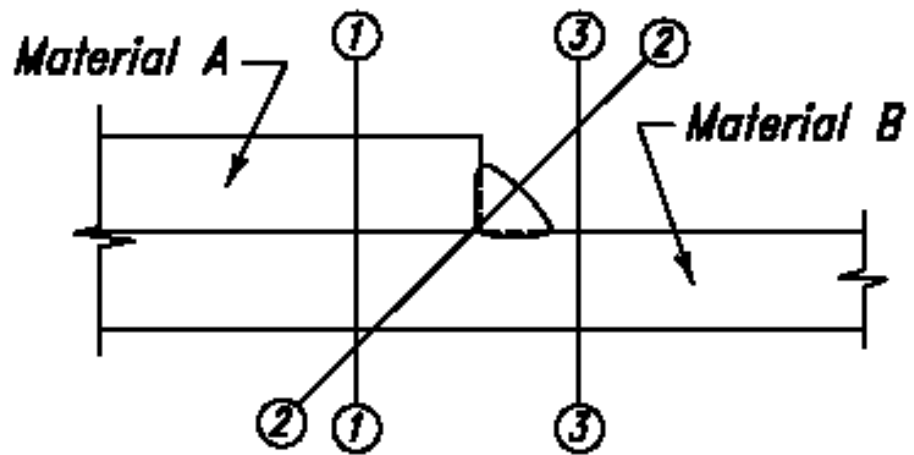
$F_{BM}$  = RESISTENCIA NOMINAL DEL METAL BASE

$A_{BM}$  = AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL METAL BASE

$F_w$  = RESISTENCIA NOMINAL DEL METAL DE APORTE  
(ELECTRODO)

$A_w$  = AREA EFECTIVA DEL CORDON DE SOLDADURA

$\phi$  = FACTOR DE RESISTENCIA



## RESISTENCIA DE DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS

$$\phi R_n = \min \left\{ \begin{array}{l} \phi F_{BM} A_{BM} \\ \phi F_w A_w \end{array} \right. \quad \text{TENSIONES}$$

$F_{BM}$  = RESISTENCIA NOMINAL DEL METAL BASE

$A_{BM}$  = AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL METAL BASE

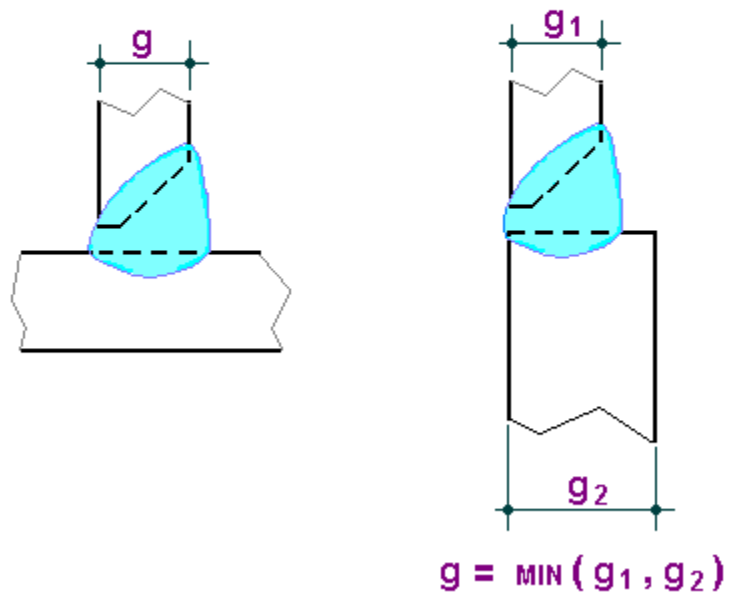
$F_w$  = RESISTENCIA NOMINAL DEL METAL DE APORTE  
(ELECTRODO)

$A_w$  = AREA EFECTIVA DEL CORDON DE SOLDADURA

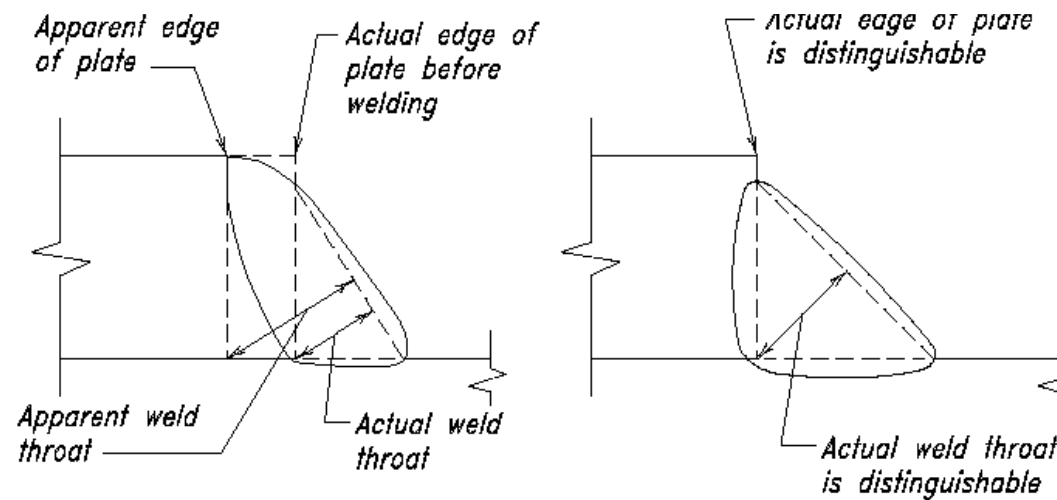
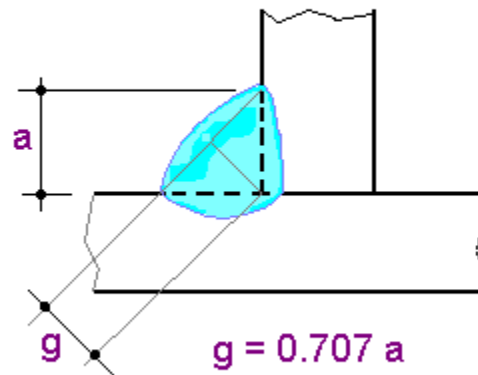
$\phi$  = FACTOR DE RESISTENCIA

## AREAS EFECTIVAS EN SOLDADURAS DE BISEL

### PENETRACION COMPLETA



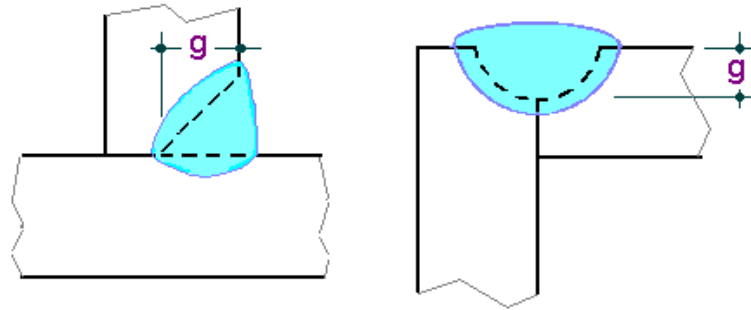
## AREAS EFECTIVAS EN SOLDADURAS DE FILETE



<b>TAMAÑO MINIMO DE FILETES (mm)</b>	
<b>Espesor de la parte más gruesa conectada (mm)</b>	<b>Tamaño del filete</b>
<b>hasta 6</b>	<b>3</b>
<b>más de 6 menos de 13</b>	<b>5</b>
<b>más de 13 menos de 19</b>	<b>6</b>
<b>más de 19</b>	<b>8</b>

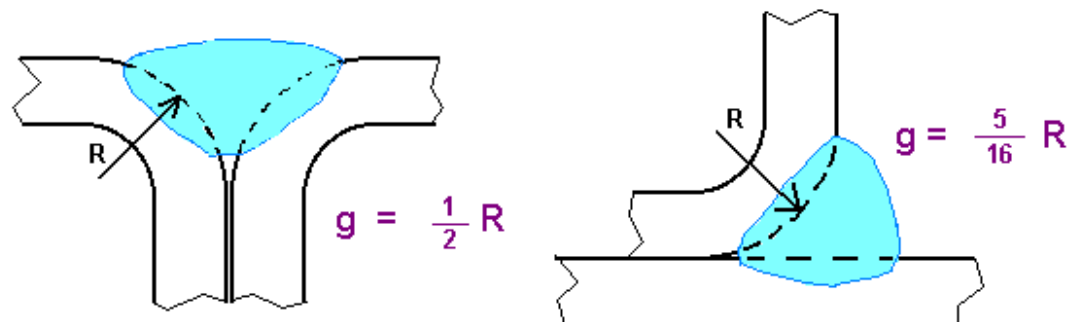
## AREAS EFECTIVAS EN SOLDADURAS DE BISEL

### PENETRACION PARCIAL



Area Efectiva = Longitud del cordón x garganta efectiva

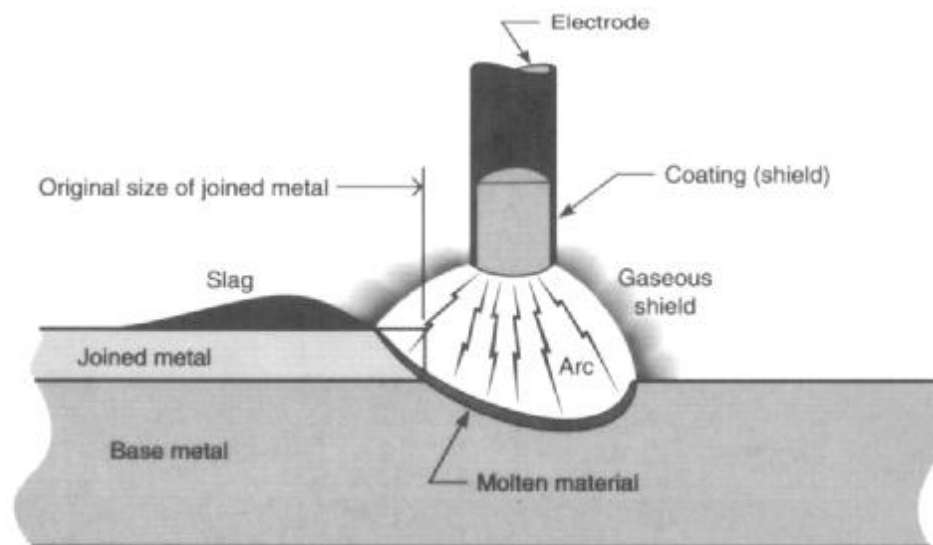
## AREAS EFECTIVAS EN SOLDADURAS DE RELLENO



<b>Espesor de garganta mínimo para soldaduras de bisel de penetración parcial (mm)</b>	
<b>Espesor de la parte más gruesa conectada (mm)</b>	<b>Espesor de la garganta</b>
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



PROCESOS DE SOLDADURA ELECTRICA - APLICACION ESTRUCTURAL				
Denominación		Tipo		Atmósfera protectora
SMAW	Shielded Metal Arc	Arco protegido	MANUAL	Gas del recubrimiento del electrodo
SAW	Submerged Arc	Arco sumergido	AUTOM. , SEMI AUTOM.	Fundente (Flux)
GMAW	Gas Shielded Metal Arc	Arco protegido	AUTOM. , SEMI AUTOM.	Gas (Ar, CO2, He)
FCAW	Flux Cored Arc	Fundente interior	AUTOM. , SEMI AUTOM.	Fundente (Flux)

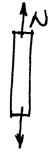


DISEÑO EN ACERO - Prof.  
Alejandro Verdugo

Clasificación electrodos SMAW					
E	70	1	8	-	A1
Electrodo	Resistencia mínima a tracción, Ksi	Código de posición	Características del recubrimiento		Composición química del metal

Clasificación electrodos GMAW						
E	R	80	S	-	B2	L
Electrodo	Rod (varilla de aporte)	Resistencia mínima a tracción, Ksi	Electrodo sólido		Composición química del metal	Bajo Carbono (Low Carbon)

### CONDICION DE FALLA EN TRACCION



$$\sigma = \frac{N}{A} = F_y \quad \text{FLUENCIA}$$

$$= F_u \quad \text{ROTURA}$$

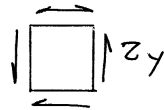
$$\sigma_{\text{VON MISES}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (\text{TENS. PRINCIPALES})$$

EN LA FALLA POR TRACCION PURA  $\sigma_1 = F_y$ ,  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$

$$\sigma_{\text{VM}} = \sqrt{\frac{2 \sigma_1^2}{2}} = \sigma_1 \rightarrow \begin{cases} \sigma_{\text{VM}} = F_y \\ \sigma_{\text{VM}} = F_u \end{cases}$$

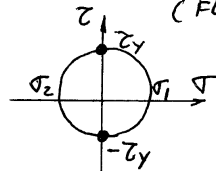
CRITERIO DE FALLA

### EN UN ESTADO DE CORTE PURO



$\tau_y$  = ESF. DE CORTE PARA EL QUE SE VERIFICA EL CRITERIO DE FALLA DE VON MISES (FLUENCIA)

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \tau_y \\ \sigma_2 &= -\tau_y \\ \sigma_3 &= 0 \end{aligned}$$



$$\sigma_{\text{VM}} = \sqrt{\frac{(2\tau_y)^2 + \tau_y^2 + \tau_y^2}{2}} = \sqrt{3} \tau_y$$

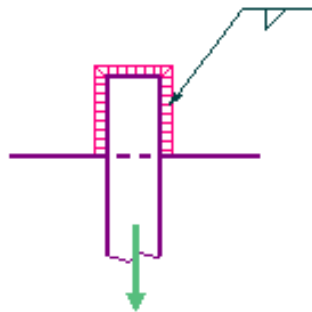
EN LA CONDICION DE FALLA  $\sigma_{\text{VM}} = \sqrt{3} \tau_y = F_y$

$$\rightarrow \begin{cases} \tau_y = F_y / \sqrt{3} \approx 0.60 F_y \\ \tau_u = F_u / \sqrt{3} \approx 0.60 F_u \end{cases}$$

TABLA 13.2.5 RESISTENCIA DE DISEÑO DE SOLDADURAS				
TIPOS DE SOLDADURA Y SOLICITACION (a)	MATERIAL	FACTOR DE RESISTENCIA $\phi$	RESISTENCIA NOMINAL $F_{BM}$ ó $F_w$	RESISTENCIA REQUERIDA DE LAS SOLDADURAS (b, c)
SOLDADURA DE TOPE DE PENETRACION COMPLETA				
Tracción normal al área efectiva	Base	0,90	$F_y$	La soldadura debe ser compatible con el metal base
Compresión normal al área efectiva	Base	0,90	$F_y$	Se puede usar una soldadura con un nivel de resistencia menor o igual al de la soldadura compatible
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura				
Cizalle en el área efectiva	Base Electrodo	0,90 0,80	$0,60 F_y$ $0,60 F_{EXX}$	
SOLDADURA DE TOPE DE PENETRACION PARCIAL				
Compresión normal al área efectiva	Base	0,90	$F_y$	Se puede usar una soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el de la soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de soldadura (d)				
Cizalle paralelo al eje de la soldadura	Base Electrodo	0,75	(e) $0,60 F_{EXX}$	
Tracción normal al área efectiva	Base Electrodo	0,90 0,80	$F_y$ $0,60 F_{EXX}$	
SOLDADURA DE FILETE				
Cizalle en el área efectiva	Base Electrodo	0,75	(f) $0,60 F_{EXX}$	Se puede usar una soldadura de un nivel de resistencia igual o menor que el de la soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de soldadura (d)	Base	0,90	$F_y$	
SOLDADURA DE TAPON O RANURA				
Cizalle paralelo a las superficies de contacto (en el área efectiva)	Base Electrodo	0,75	(e) $0,60 F_{EXX}$	Se puede usar soldadura de nivel de resistencia igual o menor que el de la soldadura compatible.
Notas:				
a. Para definición del área efectiva ver la Sección 13.2.				
b. Para aceros compatibles, ver la tabla 4.1 de AWS D1.1.				
c. Se permiten soldaduras con un nivel de resistencia un punto mayor que el metal base.				
d. Las soldaduras de filete y de tope de penetración parcial que unen partes de miembros armados, tales como uniones de ala a alma pueden diseñarse sin tomar en cuenta las fatigas de tracción o compresión de los elementos paralelos al eje de soldadura.				
e. El diseño del material conectado debe hacerse según las Secciones 13.4 y 13.5.				
f. Ver 13.2.4.2 para diseño alternativo de filetes de soldadura.				

## RESISTENCIA DE SOLDADURAS

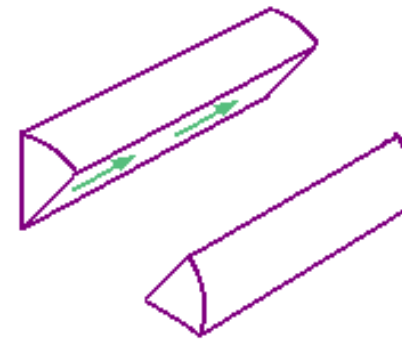
### SOLDADURA DE FILETE



Corte en el Area Efectiva  
del filete

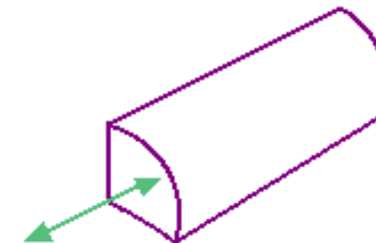
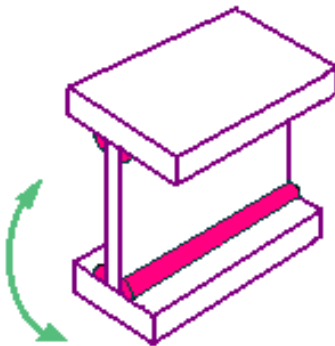
$$\phi F_w = 0.75 \times 0.60 F_{EXX}$$

Corte en el Metal Base  
según configuración de  
la conexión



Tracción o Compresión  
paralela al eje del cordón

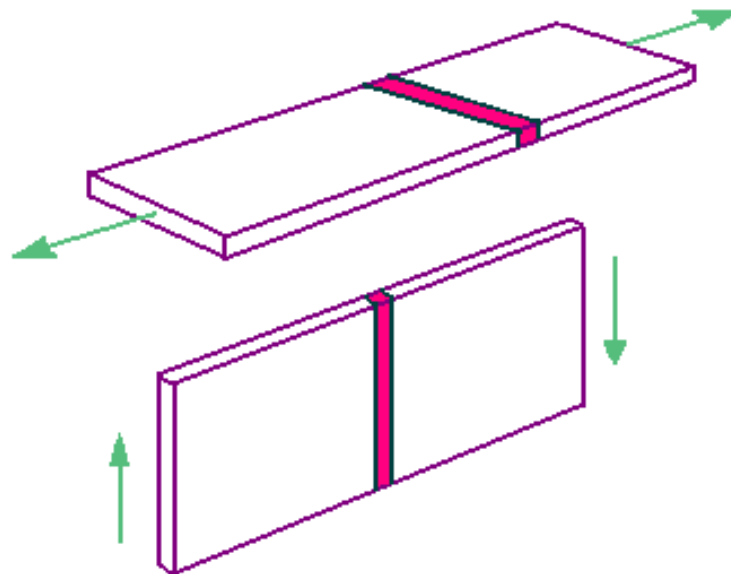
$$\phi F_{BM} = 0.90 \times F_y$$



RESISTENCIA AL CORTE DE FILETES (Ton/cm)		
Tamaño del Filete (mm)	$\Phi$ Rn	
	ELECTRODO (AWS)	
	E60XX	E70XX
3	0.402	0.469
5	0.670	0.782
6	0.804	0.938
8	1.072	1.251
10	1.340	1.563
12	1.608	1.876
16	2.144	2.501

DISEÑO EN ACERO - Prof.  
Alejandro Verdugo

## RESISTENCIA DE SOLDADURAS SOLDADURA DE PENETRACION COMPLETA



Tracción normal al Area efectiva (\*)  
Compresión normal al Area Efectiva

$$\phi F_{BM} = 0.90 \times F_y$$

Tracción o Compresión paralela  
al eje de la soldadura

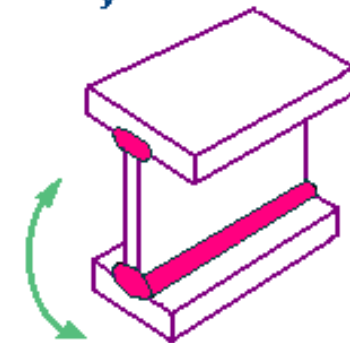
$$\phi F_{BM} = 0.90 \times F_y$$

Corte en el area efectiva  
en el Metal Base

$$\phi F_{BM} = 0.90 \times 0.60 F_y$$

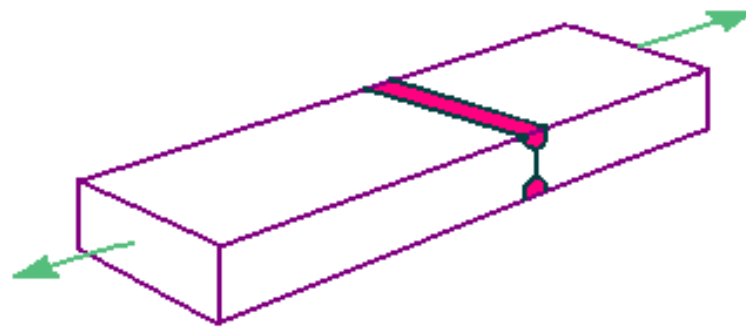
Corte en el area efectiva  
en la soldadura

$$\phi F_w = 0.75 \times 0.80 F_{EXX}$$



## RESISTENCIA DE SOLDADURAS

### SOLDADURA DE PENETRACION PARCIAL



Tracción normal al Area efectiva

$$\phi F_{BM} = 0.90 \times F_y$$

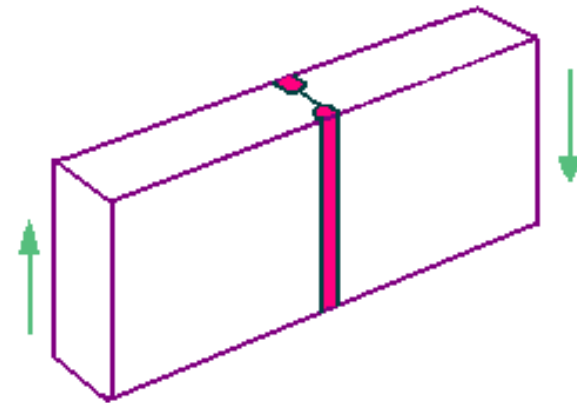
$$\phi F_W = 0.80 \times 0.60 F_{EXX}$$

Compresión normal al Area Efectiva

$$\phi F_{BM} = 0.90 \times F_y$$

Tracción o Compresión paralela  
al eje de la soldadura

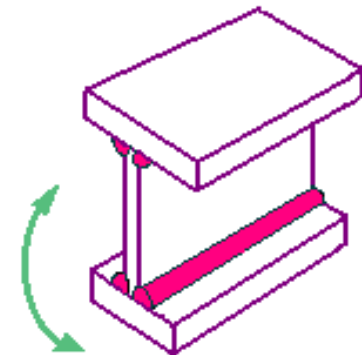
$$\phi F_{BM} = 0.90 \times F_y$$



Corte paralelo al eje de la soldadura

$$\phi F_W = 0.75 \times 0.60 F_{EXX}$$

En el Metal Base según  
configuración de la  
conexión





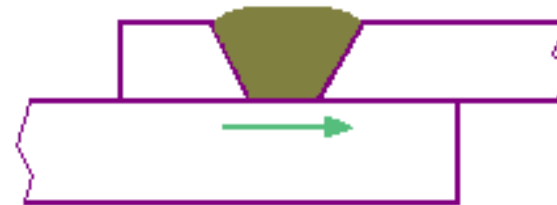
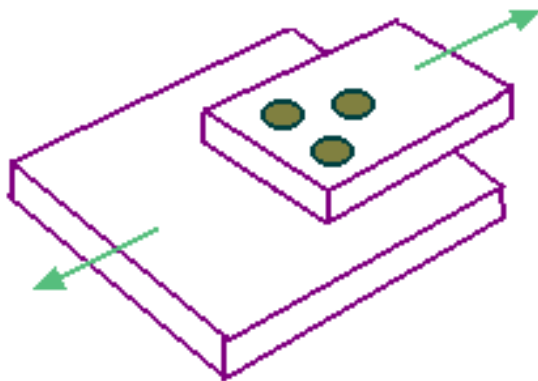
## RESISTENCIA DE SOLDADURAS

### SOLDADURA DE TAPON o RANURA

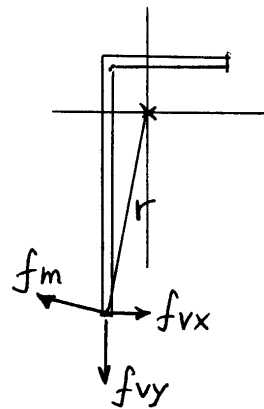
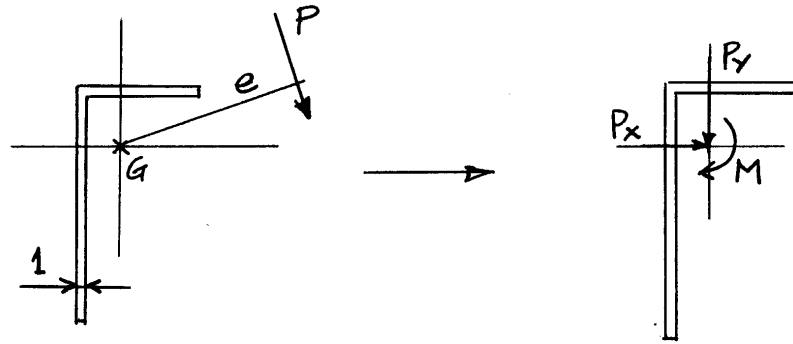
Corte paralelo a las superficies  
conectadas en el Area Efectiva

$$\phi F_w = 0.75 \times 0.60 F_{EXX}$$

Corte en el Metal Base  
según configuración de  
la conexión



## METODO CLASICO DE ANALISIS



$$L = \sum L_i$$

$$f_{vx} = \frac{P_x}{L}$$

$$f_{vy} = \frac{P_y}{L}$$

$$f_m = \frac{M r}{I_p}$$

$$I_p = I_x + I_y$$

$$f_{\text{diseño}} = \sqrt{(f_{vx} + f_{mx})^2 + (f_{vy} + f_{my})^2}$$

[T/cm]

SE ASUME UN ANCHO UNITARIO DEL  
CORDON DE SOLDADURA

PREQUALIFIED WELDED JOINTS  
Complete penetration groove welds

Single-bevel-groove weld (4)  
T-joint (T)  
Corner joint (C)

Diagram of a single-bevel-groove weld (4) showing dimensions: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, R, f, α, and back gouge. Includes Note J and Note V.

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Gas Shielding for (FCAW)	Notes
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed	As Fit Up			
SMAW	TC-U4b	U	U	$R = 0$ to $\frac{1}{8}$ $f = 0$ to $\frac{1}{8}$ $\alpha = 45^\circ$	$+\frac{1}{16}, -0$ $+\frac{1}{16}, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+\frac{1}{16}, -\frac{1}{8}$ Not limited $+10^\circ, -5^\circ$	All	—	C, J, R, V
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				All	Not req.	A, C, J, R, V
SAW	TC-U4b-S	U	U	$R = 0$ $f = \frac{1}{8}$ max $\alpha = 60^\circ$	$\pm 0$ $+0, -\frac{1}{8}$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+\frac{1}{4}, -0$ $\pm \frac{1}{8}$ $+10^\circ, -5^\circ$	F	—	C, J, R, V

Double-bevel-groove weld (5)  
Butt joint (B)  
T-joint (T)  
Corner joint (C)

Diagram of a double-bevel-groove weld (5) showing dimensions: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, R, f, α, and back gouge. Includes Note J and Note V.

Tolerances	
As Detailed	As Fit Up
$R = \pm 0$	$+\frac{1}{4}, -0$
$f = \frac{1}{16}, -0$	$\pm \frac{1}{16}$
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$
Spacer	$+\frac{1}{16}, -0$

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Permitted Welding Positions	Gas Shielding for (FCAW)	Notes
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Root Opening	Root Face	Groove Angle			
SMAW	B-U5b	U Spacer = $\frac{1}{8} \times R$	U	$R = \frac{1}{4}$	$f = 0$ to $\frac{1}{8}$	$\alpha = 45^\circ$	All	—	Br, C, M, N
				$R = \frac{1}{4}$	$f = 0$ to $\frac{1}{8}$	$\alpha = 45^\circ$	All	—	C, J, M, R, V
	TC-U5a	U Spacer = $\frac{1}{8} \times R$	U	$R = \frac{3}{8}$	$f = 0$ to $\frac{1}{8}$	$\alpha = 30^\circ$	F, OH	—	C, J, M, R, V

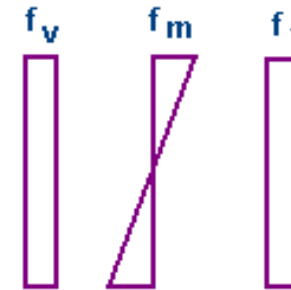
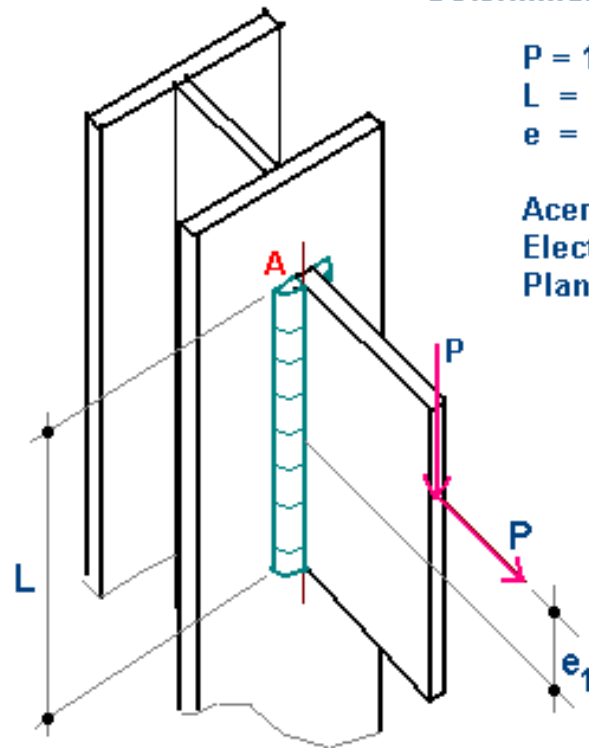
See notes on page preceding Prequalified Weld Joint Tables.

## Ejemplo N°1

Determinar tamaño del filete

$P = 13.5 \text{ ton}$   
 $L = 40 \text{ cm}$   
 $e = 15 \text{ cm}$

Acero A36  
 Electrodo E7018  
 Plancha 400 x 300 x 12



$$f_v = \frac{P}{2L} = \frac{13.5}{2 \times 40} = 0.169 \text{ t/cm}$$

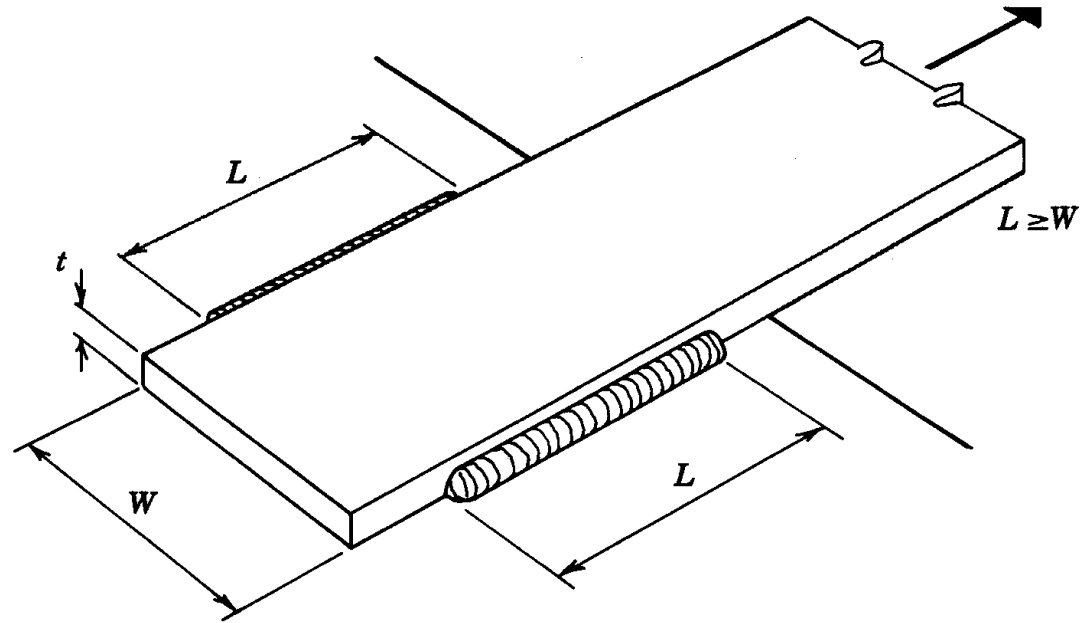
$$f_t = \frac{P}{2L} = 0.169 \text{ t/cm}$$

$$M = P e_1 + P e_2 = 13.5 \times 15 + 13.5 \times 30 = 607.5 \text{ tcm}$$

$$f_m^A = \frac{M L/2}{I} = \frac{607.5 \times 20}{2 \times 40^3 / 12} = 1.139 \text{ t/cm}$$

$$f_{dis} = \sqrt{(f_t + f_m)^2 + f_v^2} = 1.319 \text{ t/cm}$$

FILETE 10 mm  $\phi R n = 1.563 \text{ t/cm}$  O.K.



**$A_{\text{neta}} = A_{\text{gruesa}}$**

**$A_{\text{efectiva}} = A_e = U \times A_{\text{neta}}$**

**$L > 2w$**

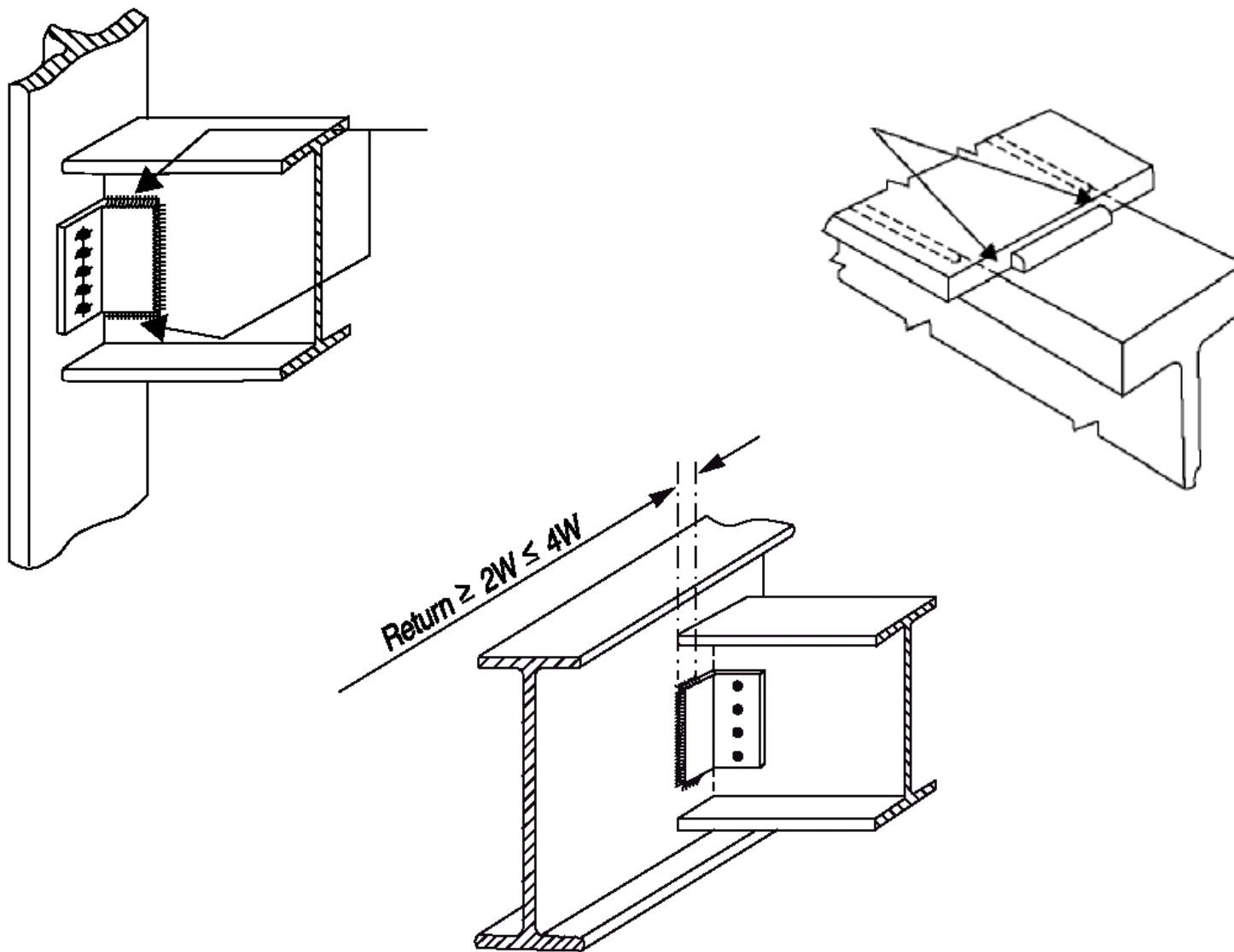
**$U = 1.0$**

**$2w > L > 1.5w$**

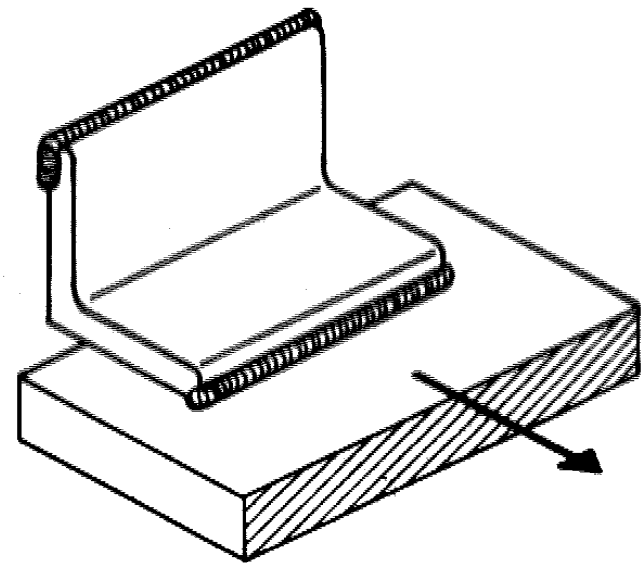
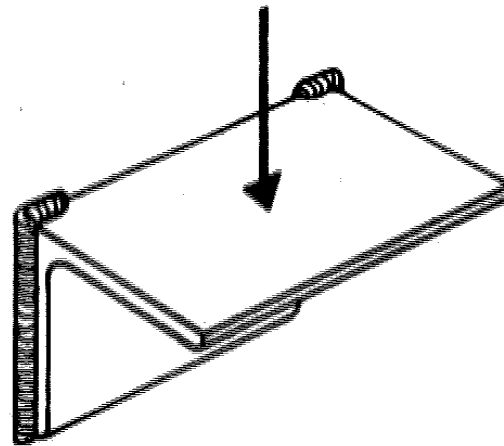
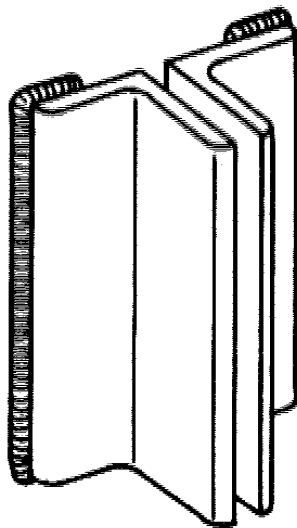
**$U = 0.87$**

**$1.5w > L > w$**

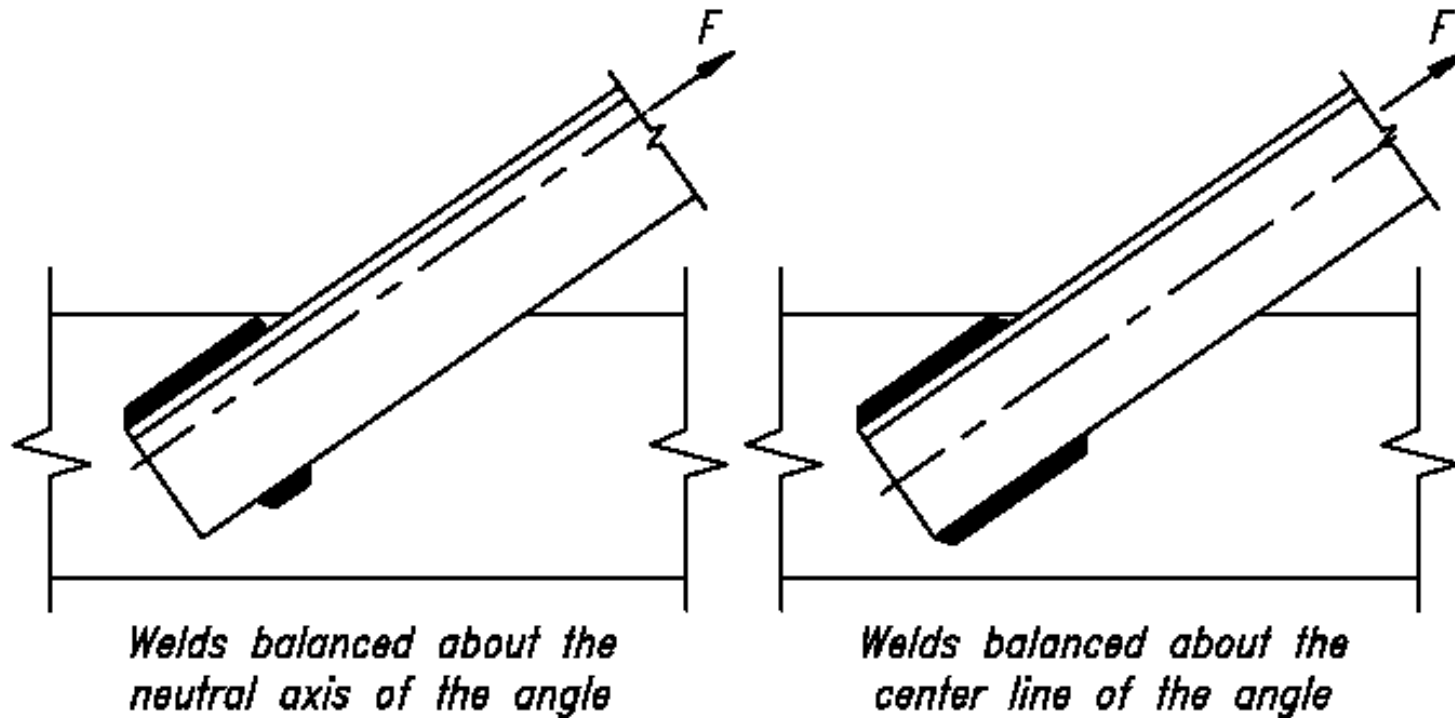
**$U = 0.75$**



DISEÑO EN ACERO - Prof.  
Alejandro Verdugo



DISEÑO EN ACERO - Prof.  
Alejandro Verdugo

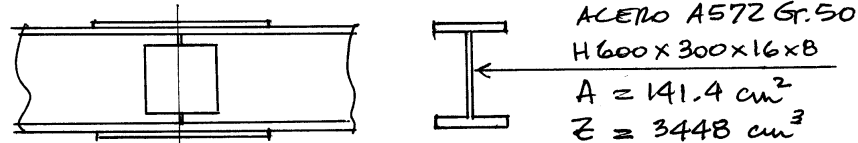




## EJEMPLO N°2

①

DISEÑAR EL EMPALME SOLDADO DEL ALA DE LA VIGA DE LA FIGURA PARA UNA CAPACIDAD IGUAL A LA RESISTENCIA DE MOMENTO NOMINAL DEL PERFIL.



COMO CRITERIO DE DISEÑO SE ASUME QUE EL MOMENTO RESISTENTE NOMINAL DE LA VIGA SE REPARTIE ENTRE LAS CONEXIONES DE LAS ALAS Y ALMA EN PROPORCIÓN A LOS MOMENTOS PLÁSTICOS DE ALAS Y ALMA:

The diagram shows a cross-section of the flange and web with dimensions: flange width 30 cm, flange thickness 1.6 cm, web height 28.4 cm, web thickness 0.8 cm, flange moment arm 29.2 cm, and web moment arm 14.2 cm. Forces  $F_y$  are indicated at the ends.

$$30 \times 1.6 \times 3.51 \text{ t/cm}^2 = 168.5 \text{ ton}$$
$$28.4 \times 0.8 \times 3.51 = 79.7 \text{ ton}$$
$$M_p \text{ ALA} = 168.5 \times 29.2 \times 2 = 9840 \text{ Tcm}$$
$$M_p \text{ ALMA} = 79.7 \times 14.2 \times 2 = 2263 \text{ Tcm}$$
$$Z = 12103 \text{ Tcm}$$

### EMPALME DEL ALA

EL EMPALME DEBE DESARROLLAR UNA RESISTENCIA:

$$C = T = \frac{9840}{60} = 164 \text{ ton}$$

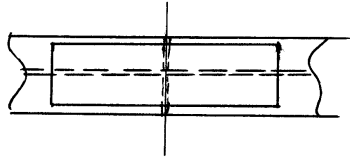
PARA MEJORAR EL TRASPASO DE ESFUERZOS SE DISEÑARÁ UN LARGO DE PLANCHA

IGUAL A 2 VECES EL ANCHO.

ALA SUPERIOR

SE ASUME UN ANCHO  $b = 300 - 50 = 250 \text{ mm}$

→  $L = 500 \text{ mm}$  (SOBRE CADA VIGA)



FRACURA EN  
EL AREA NETA:

$$\phi P_n = 0.75 F_u A_n$$

$$A_n = 2.2 \times 25 = 55 \text{ cm}^2$$

$$L \geq 2W \rightarrow U = 1.0$$

$$A_e = 1.0 \times A_n = 55 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 4.56 \times 55.0 = 188.1 \text{ ton}$$

$$\phi P_n > 164 \checkmark \text{ O.K.}$$

FLUENCIA EN EL  
AREA GRUEJA:

$$\phi P_n = 0.90 \times 3.51 \times A_g$$

$$\rightarrow A_g \geq \frac{164}{0.90 \times 3.51} = 51.9 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow e \geq \frac{51.9}{25.0} = 2.08 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \text{USAR } e = 22 \text{ mm}$$

USAR FE 250 x 1000 x 22

FILETE MÍNIMO = 8 mm (PARA FE 22)

ELECTRODO E70XX  $\phi R_n = 1.251 \text{ t/cm}$  (8 mm)

$$1.251 (2 \times 50 + 25) = 156 \text{ ton} < 164 \text{ X}$$

FILETE 10 mm  $\phi R_n = 1.563 \text{ t/cm} \times 125 \text{ cm}$

$$= 195 \text{ ton} > 164 \checkmark$$

USAR FILETE 10 mm

### ALA INFERIOR

3

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

SE HACE MAS ANCHA  
PARA MEJORAR CONDICIONES  
DE POSICION.

FLUENCIA EN EL AREA GRUESA:

$$A_g > \frac{164}{0.90 \times 3.51} = 51.9 \text{ cm}^2$$

$$e > \frac{51.9}{35.0} = 1.48 \rightarrow \text{TE 16}$$

FRACTURA EN AREA NETA EFECTIVA:

$$A_n = 1.6 \times 35 = 56 \text{ cm}^2$$

$$U = 0.75 \text{ YA QUE } \frac{L}{W} = \frac{50}{35} = 1.42$$

$$\Rightarrow 1.0 < \frac{L}{W} < 1.5$$

$$A_e = 0.75 \times 56 \text{ cm}^2 \\ = 42 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 4.56 \text{ t/cm}^2 \times 42 \text{ cm}^2 \\ = 144 \text{ ton} < 164 \text{ X MALO!}$$

→ AUMENTAR ESPESOR

$$e = 1.6 \left( \frac{164}{144} \right) = 1.82 \text{ cm}$$

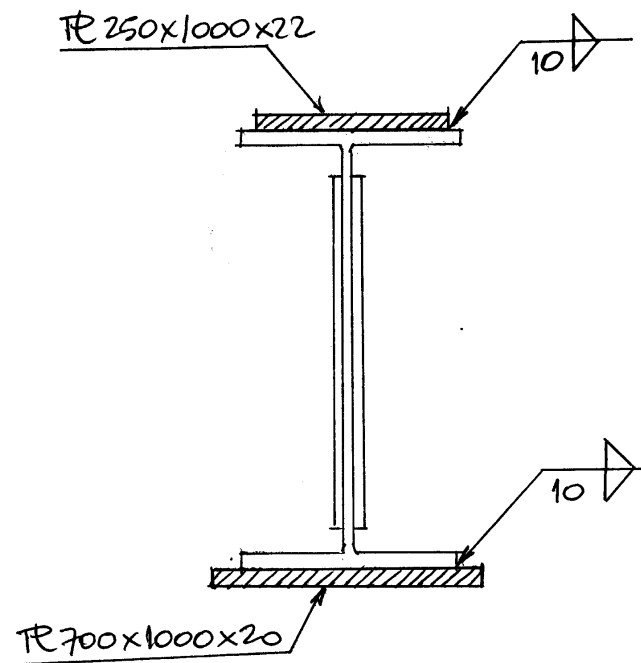
$$\Rightarrow \text{TE 20}$$

USAR TE 700 x 1000 x 20

$$\Sigma L_w = 50 \times 2 + 35 = 135 \text{ cm}$$

$$\phi R_n > \frac{164 \text{ T}}{135 \text{ cm}} = 1.21 \text{ t/cm}$$

$$\text{PILETE 8 mm } \phi R_n = 1.25 \text{ t/cm } \checkmark \text{ B}^\circ \\ \text{PILETE MÍNIMO 8 mm } \checkmark$$



4

# NCh2369

## Diseño de estructuras e instalaciones industriales

### 8.5 Conexiones

8.5.1 Los materiales deben cumplir los requisitos siguientes:

- Los pernos deben ser únicamente de alta resistencia, de calidad ASTM A 325 o ASTM A 490, o sus equivalentes.
- Los electrodos y fundentes de soldaduras al arco deben cumplir con la especificación AWS A 5.1, A 5.5, A 5.17, A 5.18, A 5.20, A 5.23 y A 5.29, o sus equivalentes.
- Los electrodos deben tener una tenacidad mínima de 27 Joules a -29°C en el ensayo de Charpy según ASTM A6.

8.5.2 Las conexiones de las diagonales sísmicas se deben diseñar para resistir el 100% de la capacidad en tracción de la sección bruta de éstas.

8.5.3 Las conexiones de momento entre vigas y columnas de marcos rígidos sismorresistentes deben tener, como mínimo, una resistencia igual a la de los elementos conectados.

8.5.4 En uniones viga-columna de marcos rígidos, las alas superiores e inferiores de las vigas deben contar con apoyos laterales diseñados para una fuerza igual a  $0,02 F_y b_f e$ .

8.5.5 Las soldaduras de tope en uniones sismorresistentes deben ser de penetración completa.

8.5.6 Los pernos de alta resistencia se deben colocar con la pretensión indicada para uniones de deslizamiento crítico (70% de la resistencia en tracción para los pernos A325 y A490). No obstante, la resistencia de diseño de las uniones apernadas se puede calcular como la correspondiente a uniones tipo aplastamiento. Las superficies de contacto se deben limpiar con rodillo mecánico, arenado o granallado; no se deben pintar, pero es aceptable el galvanizado.

8.5.7 No se permiten uniones en que la resistencia dependa de una combinación de soldaduras con pernos de alta resistencia o remaches. Se exceptúan las modificaciones a estructuras remachadas existentes.

8.5.8 En uniones de terreno se deben cumplir los requisitos siguientes:

- a) En conexiones con pernos de alta resistencia se deben aplicar metodologías de apriete y control que aseguren que los pernos queden con la pretensión requerida en 8.5.6.
- b) Sólo se permiten soldaduras en las posiciones plana, vertical y horizontal, siempre que el soldador esté protegido del viento y de la lluvia.
- c) Las soldaduras deben ser de tope de penetración completa o de filete. Las soldaduras de tope se deben controlar con ultrasonido o radiografía.