

MEDIOS DE UNIÓN EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

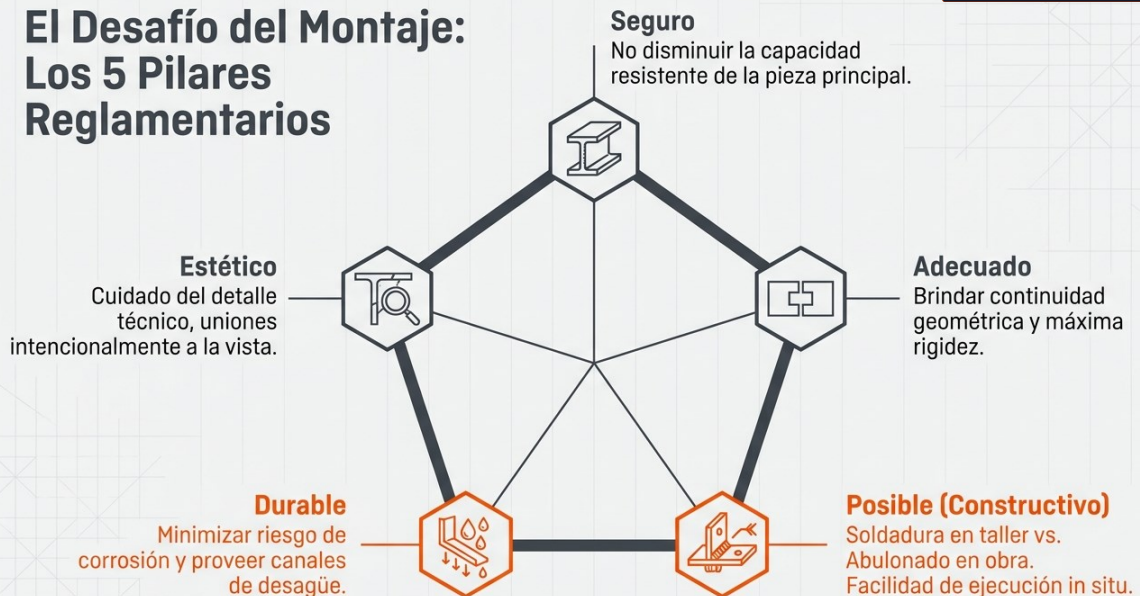
**Anatomía Estructural: De la Teoría
a la Realidad Industrial**

Cátedra: Montajes Industriales | 3er Año Ingeniería Industrial

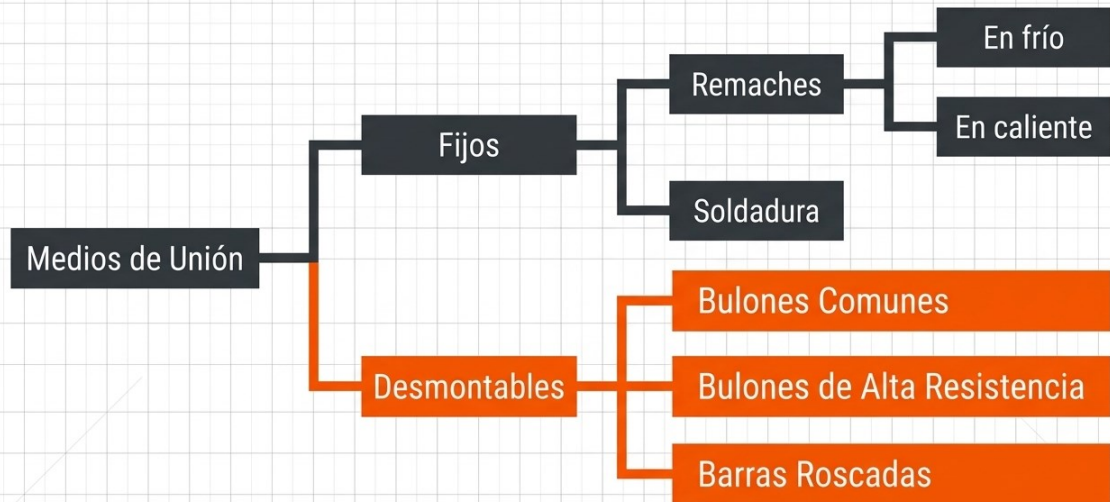


El Desafío del Montaje: Los 5 Pilares Reglamentarios

CONSTRUCCIONES Y MONTAJES INDUSTRIALES



Taxonomía de las Conexiones Metálicas



El remachado clásico utiliza la contracción térmica para el ajuste

REMACHES EN FRÍO (SISTEMA POP)

► Material constructivo:

Fabricados principalmente en aleaciones de aluminio maleable. Se emplean en general para elementos no estructurales secundarios.

► Mecanismo de instalación:

Compuestos por un cuerpo hueco y un clavo con vástago de cabeza semiesférica. Al traccionar el clavo con la remachadora, se deforma y expande el cuerpo cilíndrico, cortándose luego el clavo por tensión.

► Uso recomendado:

Fijación rápida de chapas finas a perfiles estructurales, vinculación de metales no ferrosos, revestimientos y carpintería metálica de talleres.

► Precaución en intemperie:

No es una unión estanca. Se debe evitar su colocación a la intemperie por graves riesgos de corrosión electrolítica y galvánica entre metales diferentes.

REMACHES EN CALIENTE (ESTRUCTURALES)

► Proceso de colocación:

Espiga cilíndrica de diámetro d provista de cabeza. Se calienta al "rojo cereza" e introduce en perforaciones holgadas ($d_1 = d + 1\text{mm}$).

► Deformación por recalado:

La cabeza libre se estampa por impacto plásticamente, rellenando por completo el hueco del agujero de las chapas a unir.

► Fuerza de preapriete:

Al enfriarse, la contracción longitudinal térmica del material del remache impide su estiramiento natural, comprimiendo el paquete de chapas con gran fuerza de apriete.

► Valor de patrimonio técnico:

Unión actualmente en desuso reemplazada por la soldadura. Sin embargo, todos los puentes ferroviarios históricos del país se unieron con remaches gota de sebo, semiembutidos o embutidos.

Dos grandes categorías resuelven la continuidad de la estructura

UNIONES FIJAS (PERMANENTES)

No permiten la separación de los elementos vinculados sin producir la destrucción del medio de unión o el debilitamiento de las partes principales.

■ SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

Unión monolítica mediante calor directo y aporte de material por electrodo revestido. Es el método estándar de fabricación y preensamblado en talleres.

■ REMACHADO EN FRÍO Y CALIENTE

Uso de remaches mecánicos. En frío (pop) para componentes auxiliares no estructurales, y en caliente para montajes históricos y mantenimiento patrimonial.

UNIONES DESMONTABLES

Permiten un desarmado rápido y seguro sin dañar las chapas ni los componentes del vínculo, facilitando el transporte, mantenimiento y ensamble en obra.

■ BULONES COMUNES

Grado ASTM A307 fabricados con aceros al carbono (F24). Adecuados para cargas estáticas y barras secundarias no críticas sometidas a esfuerzos sencillos.

■ BULONES DE ALTA RESISTENCIA

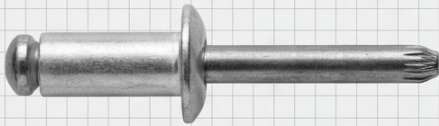
Grados ASTM A325/A490 e ISO 8.8/10.9. Realizados con aceros tratados térmicamente, capaces de resistir elevadas cargas dinámicas mediante fuerza de rozamiento por pretensado.

■ BARRAS ROSCADAS Y ANCLAJES

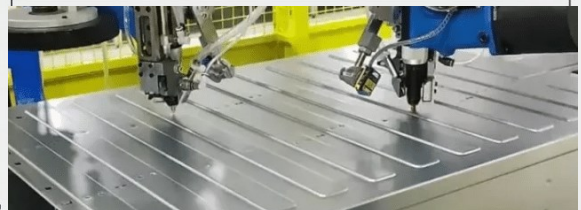
Especiales para paquetes de chapas de gran espesor o para el anclaje rígido de columnas metálicas a bases de hormigón armado, provistas con gancho de empotramiento.

Evolución y Contraste: Remachado Mecánico

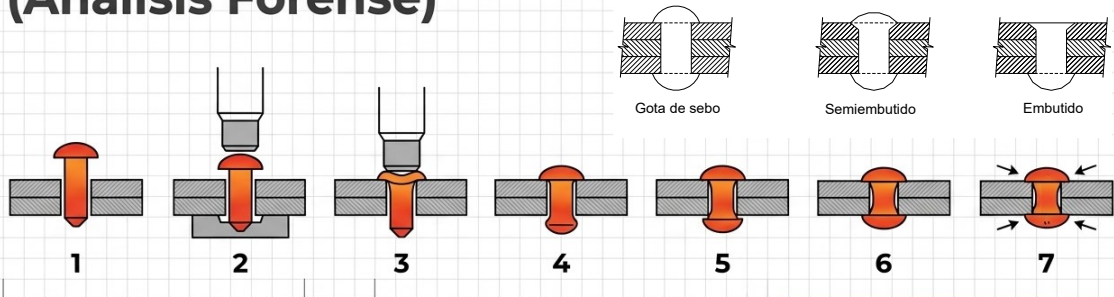
En Frío (POP)



- **Material:** Aleación de aluminio.
- **Composición:** Cuerpo cilíndrico hueco + clavo.
- **Aplicación:** Uso no estructural (chapas finas, carpintería).
- **Herramienta:** Remachadora (manual o neumática).
- **Peligro:** Corrosión electrolítica, unión no estanca.



La Física del Remache Patrimonial (Análisis Forense)



Paso 1: Inserción

Perforación de diámetro mayor al vástago ($d + 1\text{mm}$).

Pasos 2-5: Recalcado

Deformación plástica para formar la segunda cabeza, rellenando el huelgo total.

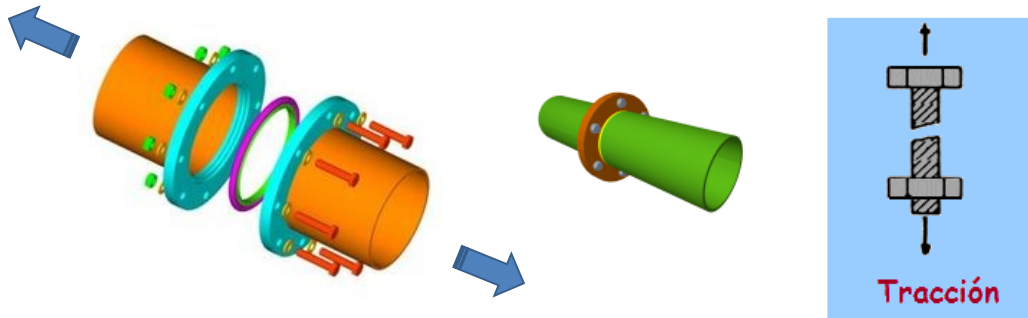
El Fenómeno Crítico: Apriete por salto térmico

La contracción térmica por enfriamiento del remache comprime el paquete de chapas de forma permanente.

EJEMPLOS de APLICACIÓN: REMACHES



UNIONES a TRACCIÓN



El Estándar Industrial: Abulonado Moderno

Bulones Comunes (A307)

- Acero al carbono (similar F24 / ASTM A36).
- $F_y = 235 \text{ MPa}$ | $F_u = 400 \text{ MPa}$.
- Cabeza hexagonal o cuadrada.
- Uso: Estructuras sencillas, cargas estáticas, barras secundarias.

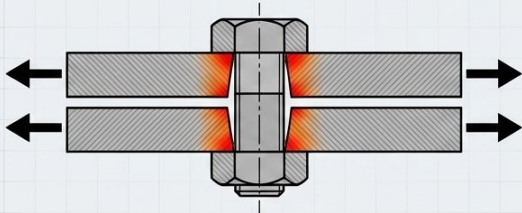
Alta Resistencia (A325, A490, ISO 8.8, 10.9)

- Aceros al carbono tratados térmicamente (templado y revenido) o aleados.
- Solo cabeza hexagonal.
- Condición: Posibilidad de rosca excluida o incluida en el plano de corte.

Permite transferir esfuerzos puros por fricción.

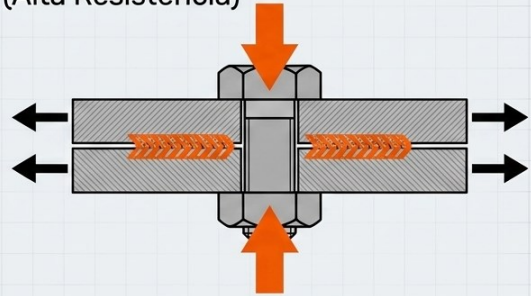
Anatomía de la Carga: Aplastamiento vs. Fricción

A. Modo Aplastamiento (Bulón Común)



El límite está dado por la tensión de contacto chapa-bulón. Puede haber disminución en la resistencia antes del fallo físico de la chapa.

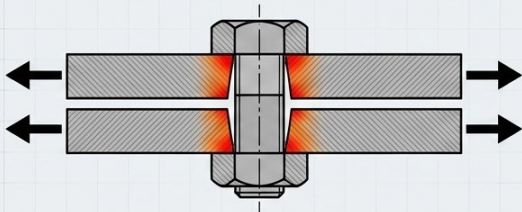
B. Modo Deslizamiento Crítico (Alta Resistencia)



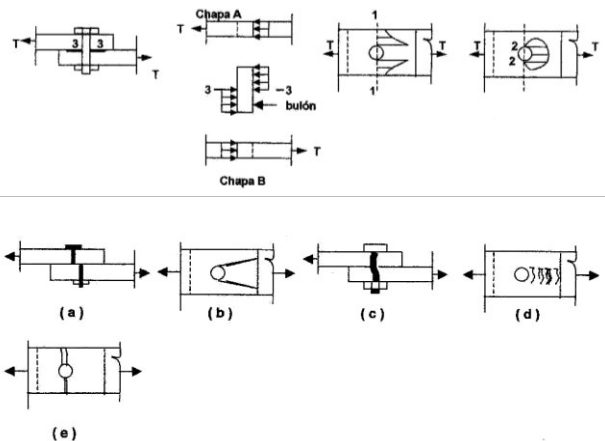
El esfuerzo es transmitido 100% por rozamiento tangencial. Depende directamente de la fuerza de apriete normal reglamentaria.

Anatomía de la Carga: Aplastamiento vs. Fricción

A. Modo Aplastamiento (Bulón Común)



El límite está dado por la tensión de contacto chapa-bulón. Puede haber disminución en la resistencia antes del fallo físico de la chapa.



Anatomía de la Carga: Aplastamiento vs. Fricción

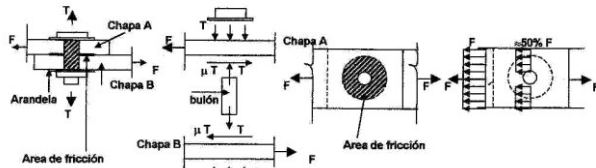
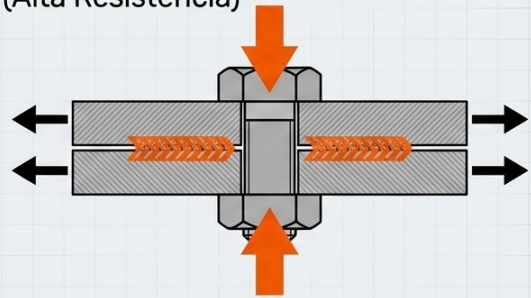


Tabla J.3-2
Resistencia Nominal al Corte de los Bulones

Descripción de los bulones	Resistencia Nominal [Mpa]	Descripción de los bulones	Resistencia Nominal [Mpa]
A307 con rosca excluida de los planos de corte	165	ISO 8.8 con rosca incluida en los planos de corte	320
A307 con rosca incluida en los planos de corte	165	A490 con rosca incluida en los planos de corte	414
A325 con rosca excluida de los planos de corte	415	A490 con rosca excluida de los planos de corte	517
A325 con rosca incluida en los planos de corte	330	ISO 10.9 con rosca incluida en los planos de corte	400
ISO 8.8 con rosca excluida de los planos de corte	400	ISO 10.9 con rosca excluida de los planos de corte	500

B. Modo Deslizamiento Crítico (Alta Resistencia)



El esfuerzo es transmitido 100% por rozamiento tangencial. Depende directamente de la fuerza de apriete normal reglamentaria.

Resistencia a Corte: Diseño por Fricción (RD41)

m: Número de planos de corte (Geometría de la unión).

n: Número de bulones activos en la unión.

$$RD41 = \phi \cdot Rn = 0,75 \cdot m \cdot n \cdot Fn \cdot Ab \cdot 10^{-1}$$

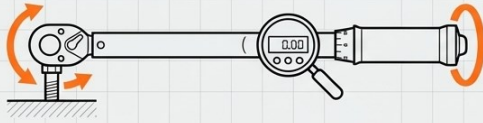
Fn: Resistencia nominal (CIRSOC Tabla J.3-2). Varía según si la rosca está incluida o excluida del plano de corte.

Ab: Área transversal del bulón ($\pi \cdot d^2 / 4$).

Nota Reglamentaria: Para evitar falla por desgarramiento o aplastamiento, el reglamento dicta el control estricto de distancias mínimas a los bordes de la placa.

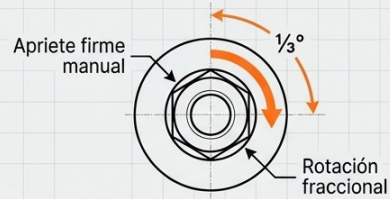
Aseguramiento de Tensión (El Desafío en Obra)

CONSTRUCCIONES Y MONTAJES INDUSTRIALES



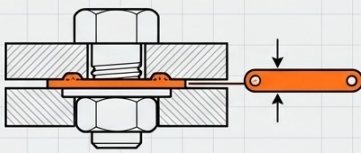
Llave Dinamométrica Calibrada

Mide el torque exacto de aplicación mecánica. Requiere calibración diaria en obra.



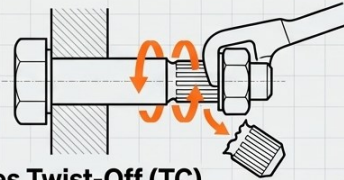
Giro de Tuerca (Turn-of-nut)

Método geométrico. Apriete firme manual seguido de una rotación fraccional específica dictada por norma.



Arandelas DTI (Tensión Directa)

Arandelas con protuberancias calibradas que se aplastan. La tensión se verifica midiendo el huelgo resultante con galgas de espesores.



Bulones Twist-Off (TC)

La espiga estriada inferior se corta automáticamente al alcanzar la tensión de diseño. Permite inspección puramente visual.

EJEMPLOS de APLICACIÓN: BULONES

CONSTRUCCIONES Y MONTAJES INDUSTRIALES

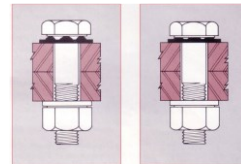
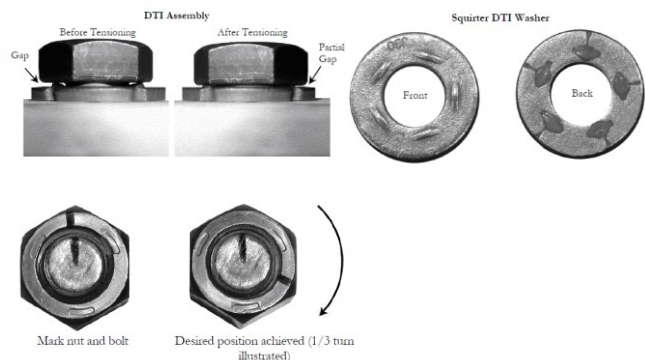
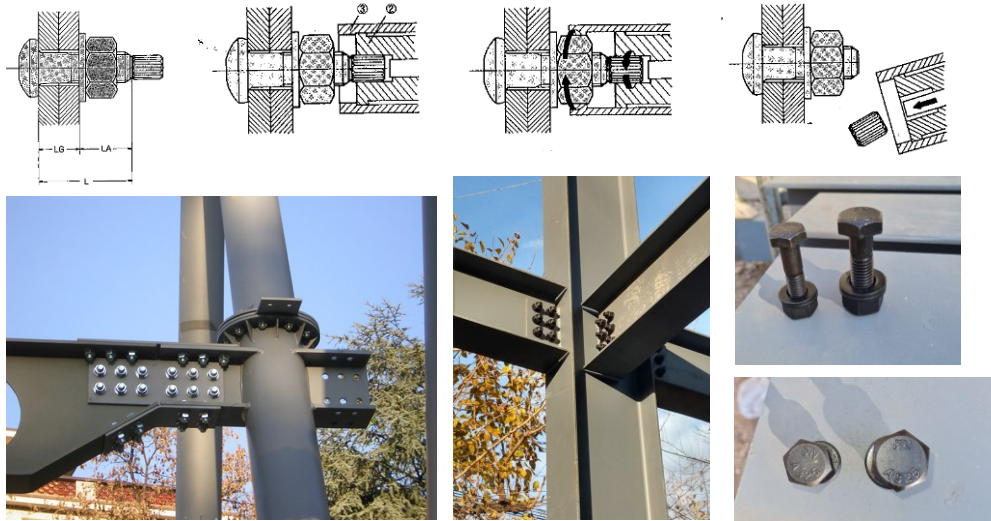


Tabla 8.2. Rotación de la tuerca a partir de la condición de ajuste sin juego para el pretensado con giro de tuerca^(a)

Longitud del bulón ^(c)	Disposición de la cara externa de las piezas abulonadas		
	Ambas caras normales al eje del bulón	Una cara normal al eje del bulón, la otra con una inclinación de no más de 1:20 ^(d)	Ambas caras inclinadas no más de 1:20 con respecto a la normal al eje del bulón ^(d)
≤ 4d	1/3 giro	1/2 giro	2/3 giro
> 4d pero ≤ 8d	1/2 giro	2/3 giro	3/4 giro
> 8d pero ≤ 12d	2/3 giro	3/4 giro	1 giro



EJEMPLOS de APLICACIÓN: BULONES



Geometría Reglamentaria (CIRSOC 301/305)

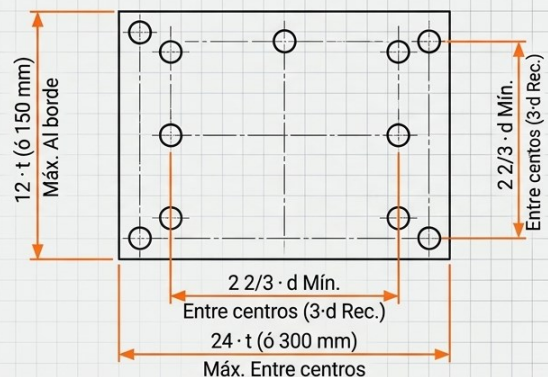
Distancias Mínimas:

- Entre centros (paso): $2 \frac{2}{3} \cdot d$ (Recomendado $3 \cdot d$).

Distancias Máximas

(Prevención de pandeo de chapas):

- Al borde: $12 \cdot t$ (ó 150 mm).
- Entre centros (Normal): $24 \cdot t$ (ó 300 mm).



ALERTA INDUSTRIAL: CORROSIÓN

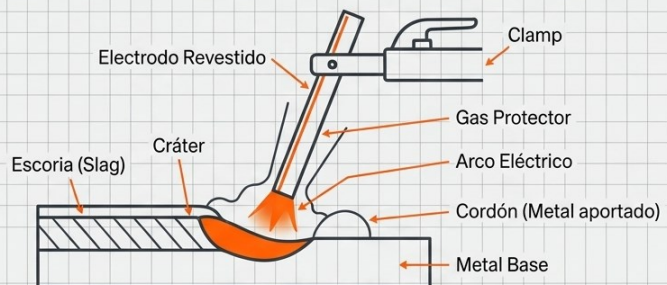
En ambientes corrosivos, la separación máxima se reduce a $14 \cdot t$ (ó 180 mm) para garantizar el sellado hermético de las placas y evitar el ingreso capilar de humedad.

EJEMPLOS de APLICACIÓN: BARRAS ROSCADAS



Fusión Estructural: Soldadura por Arco Eléctrico

Unión monolítica de metales mediante acción de calor intenso y material de aporte.



(a) A tope

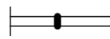
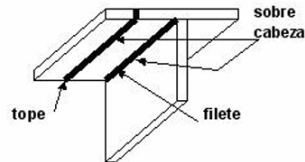
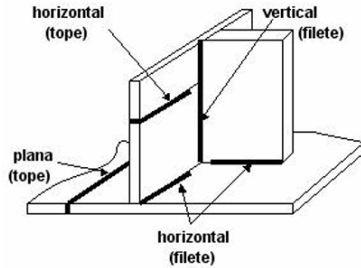


(b) De filete

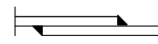


(c) De tapón o muesca

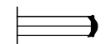
SOLDADURA: CLASIFICACIÓN



a tope (a)



traslapada (b)



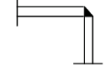
de borde (c)



te (filete) (d)



te (tope) (e)

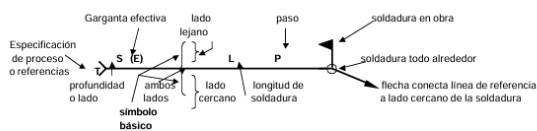


de esquina (f)

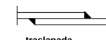
SOLDADURA: SÍMBOLOS

SÍMBOLOS BÁSICOS									
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 estándar de los elementos de un símbolo de soldadura



a tope (a)



traslapada (b)



de borde (c)



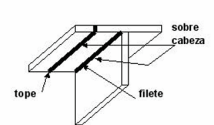
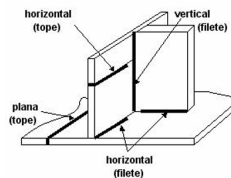
te (filete) (d)



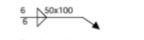
te (tope) (e)



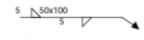
de esquina (f)



filete sobre lado cercano (lado que apunta la flecha) lado = 5 mm longitud = 50 mm



filete intermitente en cadena lado = 6 mm longitud = 50 mm distancia entre centros = 100 mm



filete intermitente alternado lado = 5 mm longitud = 50 mm distancia entre ejes = 100 mm



filete ambo lados lado = 6 mm (ambos) longitud = 150 mm ejecución en obra



filete todo alrededor lado = 5 mm



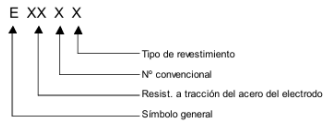
tope penetración total doble bisel longitud = 150 mm

ELECTRODOS: TIPO DE REVESTIMIENTO

ELECTRODOS: TIPOS DE REVESTIMIENTO

TIPO	CONTIENEN	FUSIÓN	PENETRACIÓN	POSICIÓN DE SOLDEO
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:



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



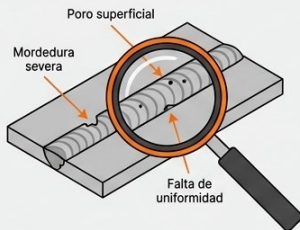
Qué significa E7018

- 70: Resistencia a la tracción de 70,000 psi (aproximadamente 490–500 MPa).
- 1: Apto para todas las posiciones (plana, vertical, horizontal y sobre cabeza).
- 8: Revestimiento de bajo hidrógeno con polvo de hierro, que mejora la estabilidad del arco y la tasa de deposición



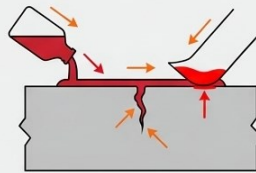
Control de Calidad: Ensayos No Destructivos (END)

Inspección Visual (VT)



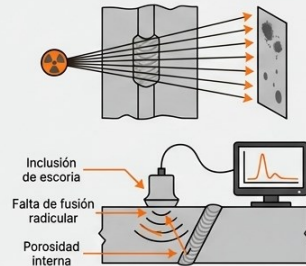
El primer filtro obligatorio. Realizado por un oficial soldador calificado. Detecta anomalías superficiales: mordeduras severas, poros superficiales evidentes y falta de uniformidad en el cordón.

Líquidos Penetrantes (PT)



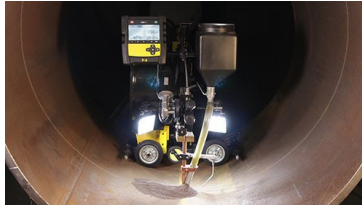
Aplicación de tintas capilares. Revela fisuras milimétricas invisibles al ojo humano que conectan con la superficie del material base.

Radiografía / Ultrasonido (RT/UT)



El estándar estructural profundo. Atraviesa todo el metal base. Detecta fallas internas críticas: inclusiones de escoria, falta de fusión radicular y porosidad atrapada en el núcleo.

EJEMPLOS de APLICACIÓN: SOLDADURA



Cuadro de Mando del Ingeniero: Taller vs. Obra

	Soldadura (Taller)	Abulonado (Obra)
Control de Calidad	✓ Excelente (Entorno controlado)	✓ Depende del pretensado
Sensibilidad Climática	✗ Sensible a humedad/viento	✓ Inmune (ejecutable con lluvia)
Velocidad de Izaje/Montaje	✗ Lenta (cuello de botella)	✓ Muy rápida (libera la grúa)
Modificaciones in situ	✓ Alta adaptabilidad	✗ Rigidez absoluta geométrica

EL VEREDICTO INDUSTRIAL: La tendencia global **maximiza las uniones soldadas en taller** (calidad y bajo costo por automatización) combinadas con **uniones abulonadas abulonadas de alta resistencia en obra** (velocidad de montaje y bajo riesgo logístico).