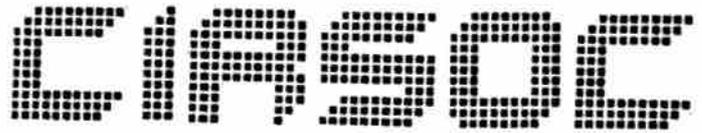


INTI
Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

Reglamento CIRSOC 304



**Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI**

Estructuras de Acero Soldadas

Diciembre 1992

INTI CIRSOC

*Av. Cabildo 65 Subsuelo - Ala Savio
(C1426AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
República Argentina*

Tel./Fax: (54 11) 4779-5271/5273

Web: www.inti.gob.ar/cirsoc

*E-mail: cirsoc@ffmm.gov.ar
cirsoc@inti.gob.ar*

Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Subdirector Técnico: Ing. Gustavo Darin

© 1995

Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 - 7° piso - Buenos Aires

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.
Printed in Argentina.

ORGANISMOS PROMOTORES

Ministerio de Obras y Servicios Públicos

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda

Empresa Obras Sanitarias de la Nación

Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires

Comisión Nacional de Energía Atómica

Empresa del Estado Agua y Energía Eléctrica

Dirección Nacional de Vialidad

MIEMBROS ADHERENTES

Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas

Entidad Binacional Yacyretá

**ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCION DEL REGLAMEN-
TO CIRSOC 304 "ESTRUCTURAS DE ACERO SOLDADAS"**

Ing. César Vasino († 1983)

Ing. Horacio Rezk

Ing. José A. Palma

Ing. Carmelo Guerra

**COMISION DE ESTUDIO DEL REGLAMENTO CIRSOC 304 "ESTRUC-
TURAS DE ACERO SOLDADAS"**

Ing. Oscar Bortoni - CONARCO S.A.

Ing. Carlos Chouza - TECHINT

Ing. Gustavo Darin - CIRSOC

Ing. Alberto García Frinchaboy - ASTARSA

Ing. Carmelo Guerra - ASESOR

Ing. Eduardo Hanke - COMETARSA

Ing. Oliva Hernández - I.A.S.

Dr. Alfonso Huber - CIRSOC

Ing. Blas Laterza - I.A.S.

Ing. Marcos Levy - ACINDAR

Ing. Francisco Maioli - ACINDAR

Ing. Pablo Marino - COMETARSA

Ing. José Palma - ASESOR

Ing. Ciro Parente - ASTARSA

Ing. Adriana Salerno - CIRSOC

Ing. Mario Solari - E.N.A.C.E.



RESOLUCION SOP 38/88

Ministerio de Obras y Servicios Públicos

Secretaría de Obras Públicas

BUENOS AIRES, **12 JUL 1988**

VISTO que por Resolución MOySP. n° 81/87 se delegó en la SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS la facultad de aprobar los Reglamentos, Recomendaciones y Disposiciones que elabore el CIRSOC, y

CONSIDERANDO:

Que el Comité Ejecutivo del CIRSOC dió su aprobación al proyecto final de reglamento sobre estructuras de acero soldadas y al proyecto final de norma sobre estructuras de acero para antenas, habiendo cumplido con todas las etapas contempladas en el diagrama vigente de secuencia para la confección y aprobación de las mismas.

Que por Resolución SOP. n° 55/87 se creó el "Sistema Reglamentario Argentino para las Obras Civiles" (SIREA) en el que está incluida dicha documentación.

Por ello,

EL SECRETARIO DE OBRAS PUBLICAS

RESUELVE:

ARTICULO 1° - Apruébase el reglamento sobre estructuras de acero soldadas, que formará parte del SIREA con denominación "R.A.2.2. Reglamento Argentino de Construcciones de Acero - Tercera Parte" y la norma sobre estructuras de acero para antenas que formará parte del SIREA con la denominación "N.A.2.2.2. Estructuras de

[Handwritten signatures and initials]



Ministerio de Obras y Servicios Públicos

Secretaría de Obras Públicas

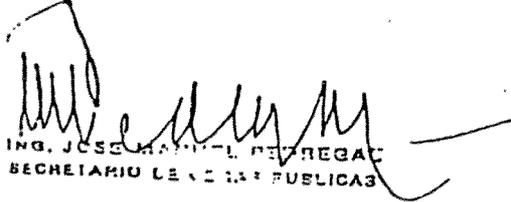
Acero para Antenas", ambas elaboradas por el CENTRO DE INVESTIGACION DE LOS REGLAMENTOS NACIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES (CIRSOC), y que integran la presente como Anexos I y II, respectivamente.

ARTICULO 2° - El Reglamento y la Norma aprobados en el Artículo 1° serán de aplicación obligatoria en todas las obras públicas nacionales a partir del 1° de agosto de 1988.

ARTICULO 3° - Regístrese, comuníquese, publíquese en el Boletín Oficial y en el del MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS y archívese.

RESOLUCION SOP. N° 38/88

mcp


ING. JOSE MANUEL PETREGANI
SECRETARIO DE OBRAS PUBLICAS

INDICE

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1.	Introducción	1
1.2.	Campo de validez	1
1.3.	Documentos técnicos	2
1.4.	Responsabilidad en el proyecto y ejecución de las uniones soldadas	2
1.5.	Materiales	3
.2.	Consumibles de soldadura	3
1.6.	Normas complementarias	4

ANEXOS AL CAPITULO 1

Cargas predominantemente estáticas	5
Aceros a emplear en las construcciones soldadas	5
Certificación de consumible	13
Normas complementarias	14

CAPITULO 2. SOLDADURAS

2.1.	Tipos de junta	17
2.2.	Distribución longitudinal de uniones soldadas	18
2.3.	Aprobación de procedimientos para soldadura	18
2.4.	Clasificación y habilitación de talleres para soldadura	18
2.5.	Examen de habilidad para soldadores de acero	19
2.6.	Ejecución de la soldadura	19
2.7.	Inspección de la soldadura	20
.1.	Inspección pertinente a la ejecución de la soldadura	20
.2.	Inspección final de la soldadura	21
.3.	Ensayos de probetas de soldadura testigo	27

ANEXOS AL CAPITULO 2

Tipos de junta	29
Aprobación de procedimientos para soldadura	36
Clasificación y habilitación de talleres para soldadura	53
Ensayo radiográfico	55
Inspección de soldadura mediante el ensayo de probeta de soldadura testigo	62

CAPITULO 3. UNIONES SOLDADAS Y SU CALCULO

3.1.	Dimensiones de la soldadura	65
.1.	Espesor de la soldadura	65
.2.	Longitud de la soldadura	70
.3.	Area y momento de inercia de la soldadura	72
.4.	Soldaduras cuya verificación está eximida	74
.5.	Soldaduras no colaborantes	75
3.2.	Colaboración entre distintos medios de unión	75
.1.	Hipótesis de colaboración inadmisible	75
.2.	Hipótesis de colaboración admisible	75
3.3.	Solicitación simple	75
.1.	Esfuerzo longitudinal o transversal	75
.2.	Momento flexor	76
.3.	Esfuerzo de corte en vigas	76
.4.	Momento torsor	77
.5.	Notación empleada para las tensiones en las soldaduras de filete	77
3.4.	Solicitaciones combinadas	78
.1.	Tensión de comparación para soldadura de filete o soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial según la figura 10	78
.2.	Casos en que puede prescindirse de verificar el valor de la tensión de comparación en soldaduras de filete y en ángulo con preparación en V y penetración parcial	78
.3.	Casos en que puede prescindirse de verificar el valor de la tensión de comparación para otros tipos de soldaduras	79
.4.	Verificación de la tensión de comparación para soldadura de filete y soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial	79

CAPITULO 4. TENSIONES ADMISIBLES EN LAS SOLDADURAS

4.1.	Ejecución de las uniones soldadas	81
------	-----------------------------------	----

CAPITULO 5. DISPOSICIONES SOBRE DISEÑO Y CONSTRUCCION

5.1.	Principios generales	85
5.2.	Detalles constructivos	85
.1.	Empalmes a tope de perfiles o barras	85
.3.	Solicitación a tracción en la dirección del espesor del material	86
.4.	Platabandas	86
.5.	Uniones soldadas	88
5.3.	Soldadura en zonas deformadas en frío	89
5.4.	Temperatura de precalentamiento	90

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

El cálculo, los detalles estructurales y la realización de construcciones de acero soldadas, exigen un profundo conocimiento de estas construcciones y en especial de la técnica de soldadura. Estos trabajos sólo deben ser encargados a ingenieros y talleres que, por sus conocimientos y la experiencia de sus técnicos y operarios, puedan garantizar que dichas construcciones estén correctamente diseñadas y realizadas (ver el artículo 2.6.).

1.2. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento se aplica específicamente a construcciones de acero para edificios nuevos o en modificaciones, sometidos a cargas predominantemente estáticas, cuyos elementos soldados son de espesor mayor que 4 mm que puede reducirse a 3 mm para perfiles en ambientes no corrosivos.

Como predominantemente estáticas pueden considerarse las sobrecargas útiles con excepción de las siguientes (ver además el anexo a este artículo):

- a) Sobrecargas verticales en tribunas sin asientos fijos.
- b) Sobrecargas en entrepisos transitables por automóviles y sus accesos.
- c) Sobrecargas horizontales sobre balaustradas o barandillas en tribunas y otras instalaciones semejantes con asientos o sin ellos.
- d) Fuerzas de frenado y acciones laterales de las grúas.
- e) Sobrecargas en talleres y fábricas cuando actúen cargas dinámicas o muy rápidamente repetitivas o circulen máquinas no compensadas.

Los procesos de soldadura considerados por este Reglamento son:

- a) Soldadura manual con electrodos revestidos.
- b) Soldadura semiautomática con alambre macizo y protección gaseosa.
- c) Soldadura semiautomática con alambre tubular y protección gaseosa.

- d) Soldadura automática con alambre macizo por arco sumergido.
Se podrá aplicar a otro tipo de estructuras, incluso con cargas no predominantemente estáticas, cuando sea expresamente indicado en el Reglamento específico o en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

1.3. DOCUMENTOS TECNICOS

La documentación técnica de las estructuras soldadas deben cumplir con lo establecido en el artículo 1.3. del Reglamento CIRSOC 301 "Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de acero para edificios" con el agregado de:

- a) Cálculo estático de las uniones soldadas.
- b) Planos, dibujos y especificaciones con indicación de aceros, consumibles, tipos de juntas, dimensiones, temperaturas, condición de ejecución, procedimientos de soldadura y tratamientos de las uniones soldadas.
- c) Tensiones admisibles empleadas.
- d) Planificación de realización de soldaduras (secuencia).
- e) Tipo y resultados de los controles ejercidos de procedimiento o de uniones ejecutadas con inclusión de las placas que resulten de los ensayos radiográficos.

Esta documentación técnica formará parte de la Documentación Técnica Final de la estructura.

1.4. RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO Y EJECUCION DE LAS UNIONES SOLDADAS

Las responsabilidades emergentes del proyecto y ejecución de la unión soldada son concurrentes con lo especificado en el artículo 1.4. del Reglamento CIRSOC 301.

El Proyectista Estructural es responsable del proyecto (tipo de junta, procedimiento de soldadura, etc.) y dimensionamiento de la unión soldada, como así también de la elección de aceros y consumibles. El Proyectista Estructural puede delegar aspectos parciales en profesionales especializados con los que será responsable solidario.

El Director de obra es responsable de la verificación de la ejecución de las soldaduras y tratamientos, así como del cumplimiento de las especificaciones proyectadas y de los controles a realizar. El Director de Obra puede delegar aspectos parciales en profesionales especializados, con los que será responsable solidario.

La empresa constructora, por intermedio de su Representante Técnico, será responsable de los exámenes de aptitud de los soldadores y de la ejecución y realización de tratamientos de las uniones soldadas, según las especificaciones proyectadas.

En caso de intervenir profesionales especializados serán responsables de las tareas que acepten y de los informes que presenten.

1.5. MATERIALES

1.5.1. Los aceros a emplear en la construcción de estructuras soldadas serán los indicados para uso estructural en las normas IRAM-IAS U 500-503 para el caso de barras, perfiles, planchuelas y flejes; e IRAM-IAS U 500-42 para chapas laminadas en caliente de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 2 del Reglamento CIRSOC 301 "Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de acero para edificios". Cumplirán además con lo que se establece en el anexo a este artículo.

1.5.2. Consumibles de soldadura

(Ver además el anexo a este artículo).

1.5.2.1. Electrodo para soldadura eléctrica manual por arco

La Norma IRAM-IAS U 500-601 establece las condiciones que deben cumplir los electrodos revestidos para soldadura por arco eléctrico en estructuras de acero con bajo contenido de carbono.

En la Tabla 4 de la Norma IRAM-IAS U 500-601 se indica la resistencia mínima a la flexión por impacto en probeta entallada. De acuerdo con la temperatura de servicio de la estructura (que se debe establecer en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias) se deberá establecer el nivel para efectuar el ensayo a la flexión por impacto. Establecido el nivel y de acuerdo con la posición de soldadura y el tipo de corriente (según la Tabla 1 de la Norma IRAM-IAS U 500-601) se seleccionará el electrodo, que deberá tener además adecuadas propiedades mecánicas y mayor límite de fluencia que el acero a soldar.

Los electrodos E4312 podrán utilizarse para soldar solamente clase de acero I.

Para los electrodos E4312 y E4313 solamente se requerirán propiedades de impacto cuando la clase de acero a soldar así lo requiera. Para los demás electrodos se requerirán las propiedades de impacto según la Norma IRAM-IAS U 500-601.

Antes de efectuar la preparación de las probetas es aconsejable proceder al secado de los electrodos revestidos en la forma que indique el fabricante.

Cuando se utilicen electrodos de acero de baja aleación deberán cumplir con la Norma IRAM-IAS U 500-127. Los electrodos elegidos deben tener adecuadas propiedades mecánicas y mayor límite de fluencia que el acero a soldar.

1.5.2.2. Consumibles para otros procesos de soldadura

Para otros procesos de soldadura y hasta tanto no existan Normas IRAM-IAS, el metal aportado deberá tener similares propiedades mecánicas y químicas que el aportado por el electrodo revestido correspondiente.

1.6. NORMAS COMPLEMENTARIAS

Son de aplicación directa las Normas IRAM e IRAM-IAS citadas en el texto de este Reglamento (ver el anexo a este artículo).

ANEXOS AL CAPITULO 1

1.2. CARGAS PREDOMINANTEMENTE ESTATICAS

Se podrá considerar como carga predominantemente estática a aquélla que produzca durante la vida útil un número de ciclos de tensiones menor que el dado por la siguiente expresión:

$$\frac{4 \cdot 10^{11}}{\Delta \sigma^{3,5}}$$

siendo:

$$\Delta \sigma = \sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}} \text{ expresada en N/mm}^2.$$

1.5.1. ACEROS A EMPLEAR EN LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS

1. Introducción

El presente anexo indica la forma de clasificar las estructuras soldadas y fijar en función de ésto los requerimientos que deben cumplir los aceros utilizados.

2. Campo de validez

Este anexo se podrá aplicar para construcciones soldadas que tienen temperaturas de servicio comprendidas entre +100°C y -30°C. Sólo para aceros al carbono y aceros de bajo carbono de acuerdo con la Norma IRAM-IAS U 500-01, en espesores de 3 a 63 mm (3 a 500 mm para chapa) y con una tensión al límite de fluencia menor que 360 N/mm².

3. Requerimientos adicionales

Los aceros deben cumplir con el artículo 1.5.1. del Reglamento CIRSOC 304, y con lo establecido en este artículo.

3.1. Grado de desoxidación y propiedades de impacto

En función del grado de desoxidación y de las propiedades de impacto los aceros podrán ser:

- Clase I Acero semicalmado

- Clase II Acero calmado con propiedades de impacto de 28 J a + 20°C (1) (2)
- Clase III Acero calmado con propiedades de impacto de 28 J a 0°C (1) (2)
- Clase IV Acero calmado con propiedades de impacto de 28 J a -20°C (1) (2)
(Este acero se solicitará normalizado)

La elección de la clase de acero para utilizar en estructuras de acero soldadas se hará con la Tabla A.1. en función del tipo de estructuras y del espesor.

Tabla A.1. Clases de acero

Tipo de estructura	espesor del material (mm)					
	10	20	30	40	45	50 ó ≥ 50
A						
B					clase IV	
C	clase I	clase II	clase III	clase IV*		
D						
E						

*Clase IV si la temperatura de servicio $\leq -10^{\circ}\text{C}$

El tipo de estructura se determinará según la Tabla A.2. y los artículos 3.1.1. a 3.1.4.

- (1) Ensayo de acuerdo a IRAM-IAS U 500-16, probetas transversales con la entalla perpendicular a las caras del material.
- (2) Para probetas menores a 10 mm de espesor el requerimiento es $J = t \cdot 2,8$; donde t es el espesor de la probeta.

Tabla A.2. Tipo de estructura

Estado de tensiones	Seguridad de la estructura	tipo de tensiones			
		Tracción		Compresión	
		Temperatura			
		$\geq -10^{\circ}\text{C}$	$< -10^{\circ}\text{C}$ $\geq -30^{\circ}\text{C}$	$\geq -10^{\circ}\text{C}$	$< -10^{\circ}\text{C}$ $\geq -30^{\circ}\text{C}$
Alto	1° orden	B	A	D	C
	2° orden	C	B	E	D
Medio	1° orden	C	B	E	D
	2° orden	D	C	E	E
Bajo	1° orden	D	C	E	E
	2° orden	E	D	E	E

3.1.1. Estado de tensiones

El estado de tensiones podrá ser alto, medio o bajo según el riesgo a la rotura frágil. El estado de tensiones depende de la magnitud de las cargas normales, la concentración de tensiones y las condiciones de fabricación.

Algunos ejemplos se presentan en las figuras A.1. a A.3. donde los componentes a clasificar se caracterizan por un rayado.

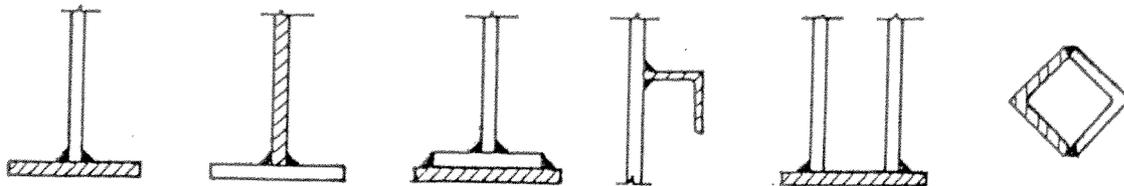


Figura A.1. Estado de tensión bajo

En el estado de tensión bajo (figura A.1.) se incluyen además: rigidizadores, uniones y elementos distensionados por revenido del estado de tensión medio.

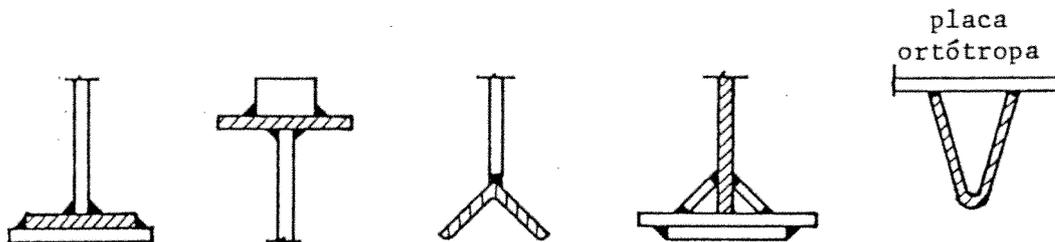


Figura A.2. Estado de tensión medio

En el estado de tensión medio (figura A.2.) se incluyen además: chapas de nudo en cordones traccionados y elementos distensionados del estado de tensión alto.

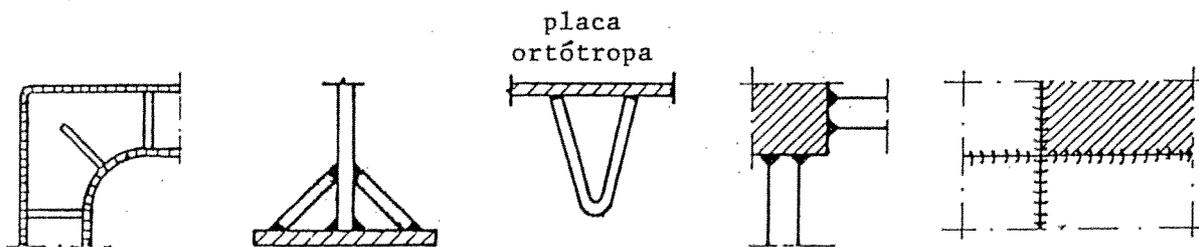


Figura A.3. Estado de tensión alto

En el estado de tensión alto (figura A.3.) se incluyen además: elementos en zona de transiciones bruscas de sección, picos de tensión, puntos de aplicación de carga concentradas y estados de tensión triaxial de tracción.

3.1.2. Seguridad de la estructura

De acuerdo a las consecuencias de un posible fallo por rotura frágil las estructuras o partes estructurales se clasifican en 1° orden o 2° orden:

1° orden: Partes estructurales cuyo fallo ocasione el colapso total o parcial de la estructura. También se consideran de 1° orden elementos estructurales donde actúan cargas permanentes que originan tensiones mayores que el 70% de las tensiones admisibles.

2° orden: Partes estructurales cuyo fallo provoque sólo efectos locales de destrucción que no comprometan el objetivo de la estructura total o partes principales de la misma.

3.1.3. Tipo de tensiones

Se diferenciarán los casos de tensiones de tracción y de compresión.

3.1.4. Temperatura

Se determinará si la temperatura mínima de servicio es superior a -10°C o si se encuentra entre -10 y -30°C .

3.2. TRATAMIENTOS TERMICOS

Si el tipo de acero seleccionado según 3.1. resulta Clase IV se solicitará con un tratamiento térmico de normalizado.

3.3. PROPIEDADES MECANICAS EN EL ESPESOR

Quando por causa de la soldadura existan sollicitaciones de tracción en el sentido del espesor y se lo solicite en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias, se realizará una evaluación de la ductilidad en el sentido del espesor de acuerdo con el artículo 3.3.1. o 3.3.2. de este anexo.

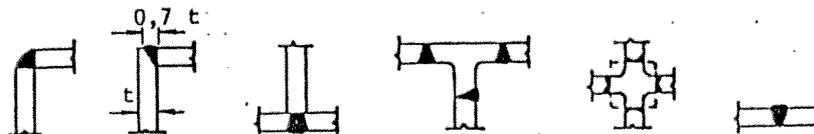
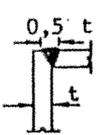
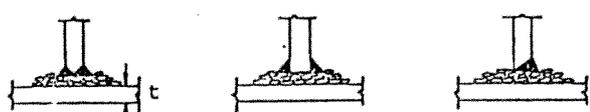
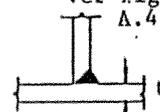
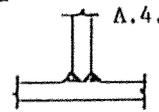
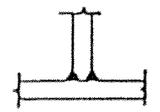
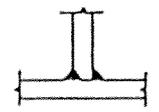
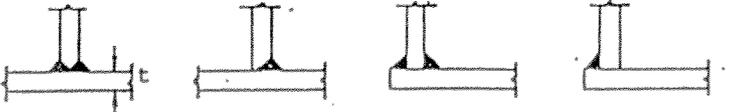
3.3.1. El método de ensayo será el establecido en la Norma IRAM-IAS U 500-147. El valor requerido de Z se obtiene de la Tabla A.3. en función del factor de riesgo al desgarramiento laminar (R.D.L.) que se obtiene como suma de las influencias parciales A a E de la Tabla A.4.

Tabla A.3.

R D L	Reducción en área en la dirección del espesor (Z)	
	% Z promedio	% Z_{min}
10 (muy bajo) (1)	-	-
11 a 20 (bajo)	15	10
21 a 30 (medio)	25	15
30 (alta)	35	25

(1) No se establecen requisitos especiales

Tabla A.4. Evaluación del riesgo al desgarramiento laminar

		I_p^*
A Dimensiones de la soldadura	Influencia (A) = $0,3 a_d$ ver figura A.4.a.	$a_d = 10 \text{ mm}$ 3 $a_d = 20 \text{ mm}$ 6 $a_d = 30 \text{ mm}$ 9 $a_d = 40 \text{ mm}$ 12 $a_d = 50 \text{ mm}$ 15
B Configu- ración de la unión		-25
		-10
		-5
		0
	ver figura A.4.b  ver figura A.4.c   	3
		5
		8
C Espesor del componente	$t \leq 10$ $10 < t \leq 20$ $20 < t \leq 30$ $30 < t \leq 40$ $40 < t \leq 50$ $50 < t \leq 60$	2 4 5 8 10 12

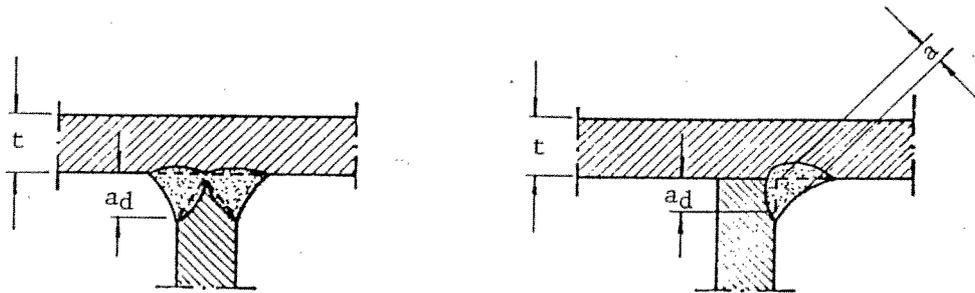
* I_p = influencias parciales

continúa

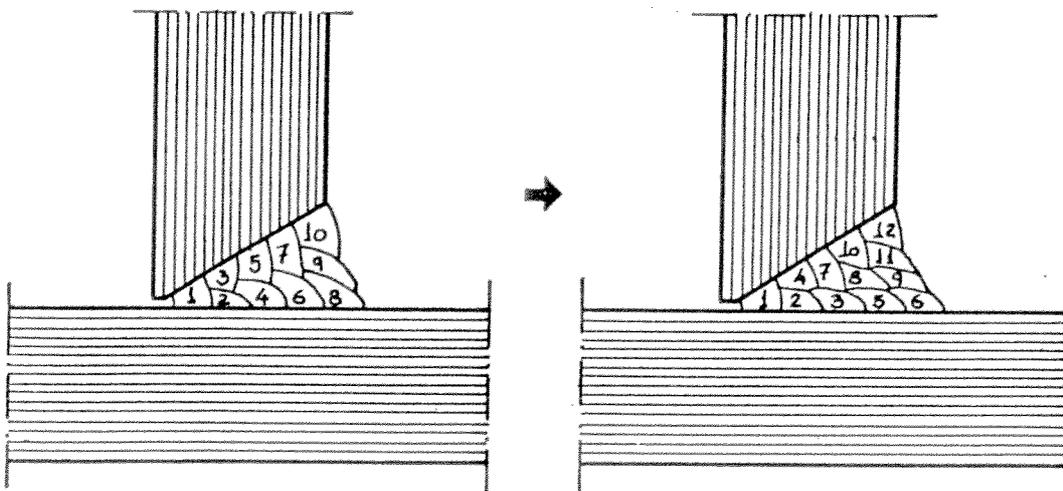
Tabla A.4. continuación

		I_p^*
D Rigidez de la construc- ción	Baja: posible contracción libre	0
	Media: unión T, unión en cruz, diafragmas en vigas cajón	3
	Alta: grandes boquillas soldadas, caños o insertos soldados circunferencialmente	5
E Precalen- tamiento	Sin precalentamiento	0
	Precalentamiento mayor que 100°C	-8

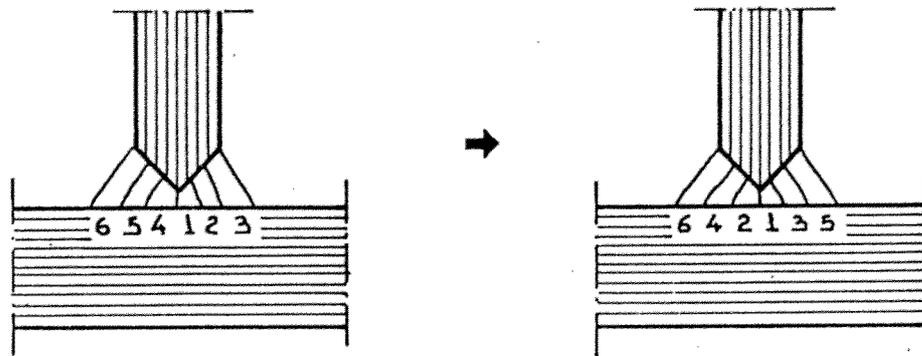
* I_p = influencias parciales



a) Definición de las dimensiones de las soldaduras correspondientes a la Tabla A.4.



b) Disminución del riesgo al desgarramiento laminar por cambio en la secuencia de los cordones



c) Disminución del riesgo al desgarramiento laminar por simetría y secuencia de los cordones

Figura A.4.

3.3.2. Ensayo de doblado con soldadura

Sobre la chapa a ensayar, de espesor t entre 25 y 50 mm (ver figura A.5), se efectúa en su centro una ranura longitudinal de longitud $6t$, semicircular, de radio 4 mm, que se rellena con soldadura con electrodo rutilico de 5 mm de diámetro. En productos con alma saliente, por ejemplo nervios o similares, han de maquinarse antes de la soldadura las partes que sobresalen del plano de la probeta; en este caso la ranura longitudinal se coloca en la cara no trabajada.

En el doblado se coloca la probeta de forma tal que el cordón de soldadura quede en la zona traccionada. La chapa se dobla apoyada sobre rodillos giratorios (ver la figura A.6).

Al alcanzarse un ángulo de doblado pequeño (menor que 20°) la soldadura debe agrietarse y entallar la chapa, si al plegar a 90° las fisuras no han progresado más de 20 mm a cada lado del cordón de soldadura (o de un solo lado) se considera que el ensayo es satisfactorio y que el material es capaz de retener la fisura.

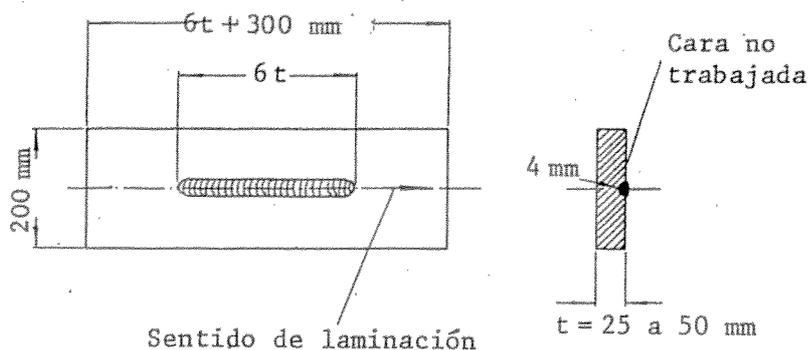


Figura A.5.

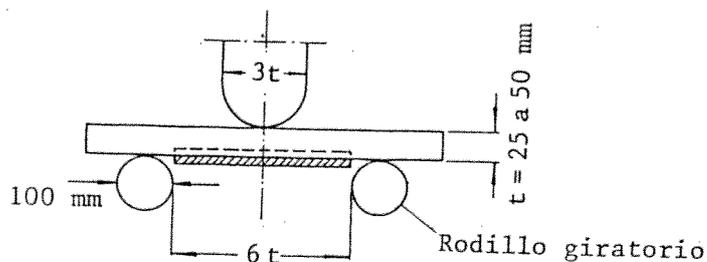


Figura A.6.

4. Certificación del acero

El acero será solicitado con certificado de calidad expedido por el fabricante según el artículo 4.8. de la Norma IRAM-IAS U 500-101.

El certificado de calidad se efectuará por cada colada y dimensión del producto, debiendo certificar como mínimo lo siguiente:

- Designación IRAM-IAS
- Análisis químico de colada
- Resistencia a la tracción
- Tensión al límite de fluencia
- Alargamiento de rotura
- Ensayos y requerimientos indicados en el artículo 3. del presente anexo.

1.5.2. CERTIFICACION DE CONSUMIBLE

Se solicitará un certificado de calidad expedido por el fabricante de acuerdo con el artículo 4.8. de la Norma IRAM-IAS U 500-101.

El certificado de calidad se efectuará por cada diámetro y lote de consumibles (según la Norma IRAM-IAS U 500-101), sobre resultados de ensayos del metal aportado.

Como mínimo se certificará:

- Designación IRAM-IAS del consumible o par de consumibles. Hasta tanto no existan normas IRAM-IAS para alambres

macizos o tubulares, para soldadura semiautomática bajo gas, y alambres y fundentes para la soldadura por arco sumergido, se utilizarán las designaciones comerciales o internas del fabricante.

- b) Análisis químico del metal aportado.
- c) Ensayo de tracción del metal aportado, con determinación de resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento de rotura.
- d) Ensayo de impacto si se lo requiere en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

Para el caso de consumibles para soldaduras por arco sumergido cuando el alambre o el fundente provengan de distintos fabricantes, el certificado de calidad deberá ser sustituido por un certificado de recepción debiendo el receptor pedir a los fabricantes todas las certificaciones necesarias que permitan asegurar que los consumibles responden a una misma colada (en el caso del alambre) o lote de fabricación (en el caso del fundente).

El gas de protección no se considera un consumible, siempre que el gas utilizado o mezcla pueda cumplir con los ensayos que certifica el fabricante del mismo.

1.6. NORMAS COMPLEMENTARIAS

Las Normas IRAM e IRAM-IAS citadas en el texto del Reglamento CIRSOC 304 son las siguientes:

- IRAM 508 "Posiciones y métodos de soldar"
- IRAM 522 "Soldadura nomenclatura general"
- IRAM 597 "Caños y tubos de acero con costura, método de doblado guiado"
- IRAM 759 "Indicadores de calidad de imagen"
- IRAM 4536 "Dibujo técnico. Acotaciones y símbolos para soldaduras"

IRAM-IAS U 500-01 "Definiciones de productos siderúrgicos"

IRAM-IAS U 500-16 "Método de ensayo a la flexión por impacto sobre probeta simplemente apoyada con entalladura en V"

IRAM-IAS U 500-42 "Chapas de acero al carbono para uso general y estructural"

- IRAM-IAS U 500-96 "Soldadura, calificación de soldadores"
- IRAM-IAS U 500-97 "Soldadura, barras de acero para hormigón armado"
- IRAM-IAS U 500-101 "Productos siderúrgicos, condiciones técnicas generales de suministro."
- IRAM-IAS U 500-102 "Acero, método de ensayo a tracción"
- IRAM-IAS U 500-103 "Acero, método de ensayo de doblado"
- IRAM-IAS U 500-127 "Soldadura por arco. Electrodo de acero de baja aleación. Revestidos"
- IRAM-IAS U 500-147 "Acero, método de ensayo de ductilidad en dirección del espesor"
- IRAM-IAS U 500-503 "Aceros para la construcción de uso general"
- IRAM-IAS U 500-601 "Electrodos revestidos para soldadura por arco de acero al carbono"

CAPITULO 2. SOLDADURAS

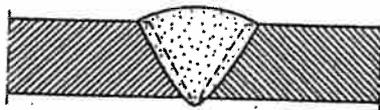
2.1. TIPOS DE JUNTA.

Los tipos de junta se determinan por la posición de las partes a empalmar y la preparación de las partes integrantes.

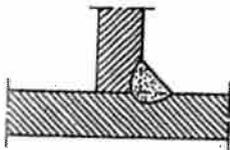
La descripción de los tipos de junta se establece en la Norma IRAM-IAS U 500-522. En la figura 1 se presentan algunos ejemplos comunes. (ver además el anexo a este artículo).



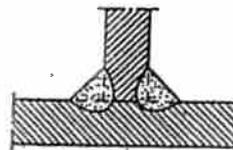
junta a tope con bordes rectos



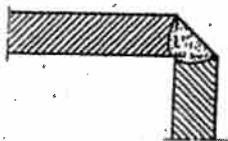
junta a tope con bordes biselados



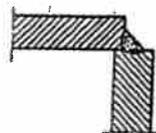
Junta de filete con soldadura de un lado



Junta de filete con soldadura de ambos lados



junta en ángulo



junta de filete

Figura 1.

2.2. DISTRIBUCION LONGITUDINAL DE UNIONES SOLDADAS

Las uniones soldadas pueden adoptar las siguientes distribuciones longitudinales:

- Uniones continuas sin interrupción en su longitud.
- Uniones discontinuas que se interrumpen en tramos uniformemente repartidos.

Pueden ser enfrentados o en tresbolillos, según la figura 2.



Cordón interrumpido
enfrentado

Cordón interrumpido
en tresbolillo

Figura 2

No se deben realizar uniones discontinuas cuando pueda cumplirse con los requerimientos del presente Reglamento con una unión continua de la menor dimensión admitida para el caso particular. Para estructuras a baja temperatura las uniones discontinuas no están permitidas.

2.3. APROBACION DE PROCEDIMIENTOS PARA SOLDADURA

Al diseñar y calcular una estructura quedan definidos con toda precisión los diferentes empalmes a ser realizados por soldadura tanto en el proceso de fabricación como en el montaje. Se establece el tipo de material, los espesores en juego y la forma de las juntas; posteriormente y con los planos a la vista se preparan los diferentes procedimientos de soldadura donde, para cada junta o grupo de juntas iguales, se indica el número de pasadas y su secuencia, el tipo y diámetro de consumible a utilizar, los valores de la intensidad de corriente, voltaje y la velocidad de avance a imprimir, el tipo de máquina a emplear, el tipo de control no destructivo a realizar y el tratamiento térmico que debe aplicarse (pre o post-calentamiento, alivio de tensiones), etc.

Para verificar el comportamiento de cada tipo de unión y la elección del procedimiento de soldadura, antes de iniciar la fabricación se deberá proceder a su aprobación. En tanto no se disponga de la Norma IRAM-IAS correspondiente la aprobación del procedimiento de soldadura se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en el anexo a este artículo.

2.4. CLASIFICACION Y HABILITACION DE TALLERES PARA SOLDADURA

En tanto no se disponga de la norma IRAM-IAS correspondiente se podrán utilizar las recomendaciones que se indican en el anexo a este artículo.

2.5. EXAMEN DE HABILIDAD PARA SOLDADORES DE ACERO

Para la construcción de estructuras soldadas es necesario calificar a los soldadores mediante un examen de habilidad manual y de conocimientos técnicos que acrediten su aptitud para los trabajos de soldadura, pues de ello depende en gran parte el lograr una calidad acorde con el grado de riesgo que imponga el destino de la construcción o función de la estructura resistente.

La calificación de los soldadores se debe realizar de acuerdo con la Norma IRAM-IAS U 500-96 que establece tres grados de aptitud.

Para soldar estructuras de clase A o B (según la tabla 5 del Reglamento CIRSOC 301, se aceptan soldadores calificados con grado de aptitud I y II y para soldar estructuras de clase C, se aceptan soldadores calificados con grado de aptitud I, II y III.

2.6. EJECUCION DE LA SOLDADURA

La ejecución de la soldadura debe cumplir con las siguientes condiciones: (1)

- Las juntas a soldar deben estar perfectamente secas.
- Perfecta limpieza de las superficies a soldar, que deben estar libres de cascarilla, grasas, óxido o pintura.
- En las soldaduras de varias pasadas se deben eliminar las escorias de las superficies de las pasadas anteriores. La presencia de fisuras, cráteres y otras fallas de unión debe ser corregida antes de proceder a la colocación de otra pasada.
- Se deben crear condiciones de comodidad para la ejecución de la soldadura: acceso, seguridad del soldador, etc.
- Se debe suspender la soldadura con temperaturas inferiores a 5°C o crear las condiciones de calefacción artificial (por ejemplo, calentamiento previo de las partes a soldar y protección contra un enfriamiento brusco).
- Se deben evitar las velocidades de enfriamiento grandes producidas, por ejemplo, por corrientes de aire, lluvias, etc.

(1) Ver el artículo 4.1.

- Durante la soldadura y el enfriamiento del cordón (color azul) se deben evitar agitaciones y vibraciones de los elementos soldados.
- El encendido o reencendido de los materiales de aporte debe ser realizado sobre el cordón.
- La soldadura de la raíz debe ser correcta. Ello debe ser asegurado con la retoma de la misma cuando sea posible.
- Para la soldadura de filete se debe asegurar la fusión de los bordes de acuerdo con la figura A.21. del anexo al artículo 2.3.
- Se ha de asegurar una ejecución libre de cráteres en los extremos de soldadura mediante chapas de inicio u otras medidas apropiadas.
- Las transiciones entre la soldadura y la chapa deben ser suaves y sin entalladuras perjudiciales.
- Visualmente la soldadura no debe presentar fisuras, defectos de raíz, falta de fusión ni inclusiones de escoria. Sólo son aceptables las inclusiones de escoria y poros superficiales y aislados menores de 1,6 mm. La ausencia de fisuras será verificada en general con lupa; cuando se requiera usar tintas penetrantes o exámen magnético se lo deberá indicar en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.
- Los espesores y las longitudes de las uniones soldadas deben ser por lo menos los espesores y las longitudes consideradas en el cálculo y proyecto.

2.7. INSPECCION DE LA SOLDADURA

2.7.1. Inspección pertinente a la ejecución de la soldadura

La inspección durante la ejecución de la soldadura debe controlar el cumplimiento de las siguientes normas de procedimiento:

- la utilización del material base especificado;
- el empleo de los consumibles de acuerdo con los procedimientos de soldadura aprobados y especialmente el correcto estado de conservación y secado en el caso de electrodos.
- la ejecución por soldadores calificados previamente; cada soldador debe marcar con su cuño las soldaduras que realiza;

- la preparación adecuada de los biseles para las juntas que lo requieran de acuerdo con planos y procedimientos aprobados;
- la presentación y punteado correcto de las partes a soldar, verificando que las puntadas no presenten fisuras, cuando se admite la soldadura sobre las puntadas; verificando además que quien las realiza esté calificado como soldador de la categoría requerida;
- la ejecución del alivio de tensiones si éste estuviera previsto en los procedimientos de soldadura aprobados;
- la ejecución del precalentamiento previsto en los procedimientos de soldadura;
- la colocación de probetas testigo, si así las hubiera previsto, para ensayos destructivos durante la fabricación;
- la correcta secuencia de soldadura que debe estar indicada en los procedimientos, cuando ello fuera necesario;
- el cumplimiento de lo prescripto en el presente Reglamento.

Se debe llevar un registro que se incorpore a la documentación técnica de la obra.

2.7.2. Inspección final de la soldadura

La inspección final de la pieza soldada debe ser realizada para controlar las condiciones resultantes del proceso según se indica en cada uno de los artículos 2.7.2.1., 2.7.2.2. y 2.7.2.3.

2.7.2.1. Inspección dimensional del elemento después de soldado

Se deben medir todas sus dimensiones lineales y angulares, las que deben responder a los planos de fabricación y no sobrepasar sus tolerancias. La corrección de las distorsiones o cambios de forma se efectuará por medios mecánicos, por calor o combinados. Las partes a ser calentadas deben estar libres de fuerzas externas, excepto aquellas necesarias para su enderezado en el método combinado.

Si el error es en longitud o ancho y no puede corregirse con la pieza siguiente en el montaje de la estructura, hay que quitar el sobrante o añadir el faltante ya sea con una pieza adicional o desoldando una parte y añadiendo luego otra de la medida correcta.

Una vez terminada la corrección dimensional del elemento se procederá a efectuar la inspección visual de la soldadura (artículo 2.7.2.2.) y luego el ensayo radiográfico (artículo 2.7.2.3.).

2.7.2.2. Inspección visual de la soldadura

Cada unión soldada debe ser inspeccionada visualmente y corregida antes de efectuar los ensayos destructivos y no destructivos previstos para verificar que se hayan realizado todas las soldaduras especificadas en los planos de fabricación, que sus longitudes y espesores respondan también a los planos y que su forma y dimensiones cumplan con lo indicado en los gráficos de las figuras 3 y 4.

Las superficies de las soldaduras de filete podrán ser ligeramente convexas, planas o cóncavas como se observa en los detalles de la figura 3 a, b, c y d y no deben presentar los defectos que se indican en la figura 3.e.

Las soldaduras a tope o en ángulo se harán con ligera sobremonta y ésta tendrá una transición gradual con la superficie de la chapa (ver la figura 4.a). Deben estar libres de los defectos mostrados en la figura 4.b. En el caso de soldaduras a tope o en ángulo en T la sobremonta no debe exceder 3 mm.

En las superficies de las soldaduras a tope que deban ser retocadas cuando la sobremonta excede de 3 mm, se admitirá una reducción del espesor de la chapa base no mayor que 0,8 mm o el 5% de su espesor (el que sea menor). La sobremonta debe terminarse gradualmente (ver figura 4.a) hasta tomar la superficie de la chapa, sin producir socavación alguna. La operación puede hacerse por arranque de viruta, pero siempre seguida por amolado.

En edificios, estructuras tubulares y puentes se admiten socavaciones de hasta 0,25 mm si las tensiones principales son transversales a ellas, para otros casos pueden admitirse socavaciones de hasta 0,8 mm de profundidad. Cuando deba repararse una socavación se lo podrá hacer por soldadura con electrodo de pequeño diámetro y con las mismas precauciones que se especificaron para la ejecución de la soldadura (precalentamiento, secuencia de la ejecución de los cordones, etc.). Las soldaduras no deben presentar solapaduras (ver la figura 4.e).

Al finalizar la inspección visual se debe proceder a la reparación de todos los defectos visibles no aceptables así como reparar porosidades, fisuras, faltas de penetración u otros que puedan dar origen a rechazo en la inspección no destructiva o destructiva de la probetas testigo. Cumplidas estas condiciones se procede según el artículo 2.7.2.3.

Las reparaciones que deban realizarse para corregir una concavidad excesiva de la soldadura o de los cráteres, la falta de medida en la soldadura y las socavaciones se efectuarán limpiando la superficie y adicionando soldadura.

La porosidad visible e inclusiones de escoria visible obligan a un repelado con electrodo de carbón o piedra esmeril y luego se debe volver a soldar.

Las fisuras superficiales en la soldadura o en el metal base pueden ponerse en evidencia, si así lo exige el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias, por tintas penetrantes o métodos magnéticos y una vez localizadas se repelarán agregando 50 mm de repelado hacia cada extremo de la fisura o hasta el extremo del cordón en caso de ser menor, luego se volverá a soldar.

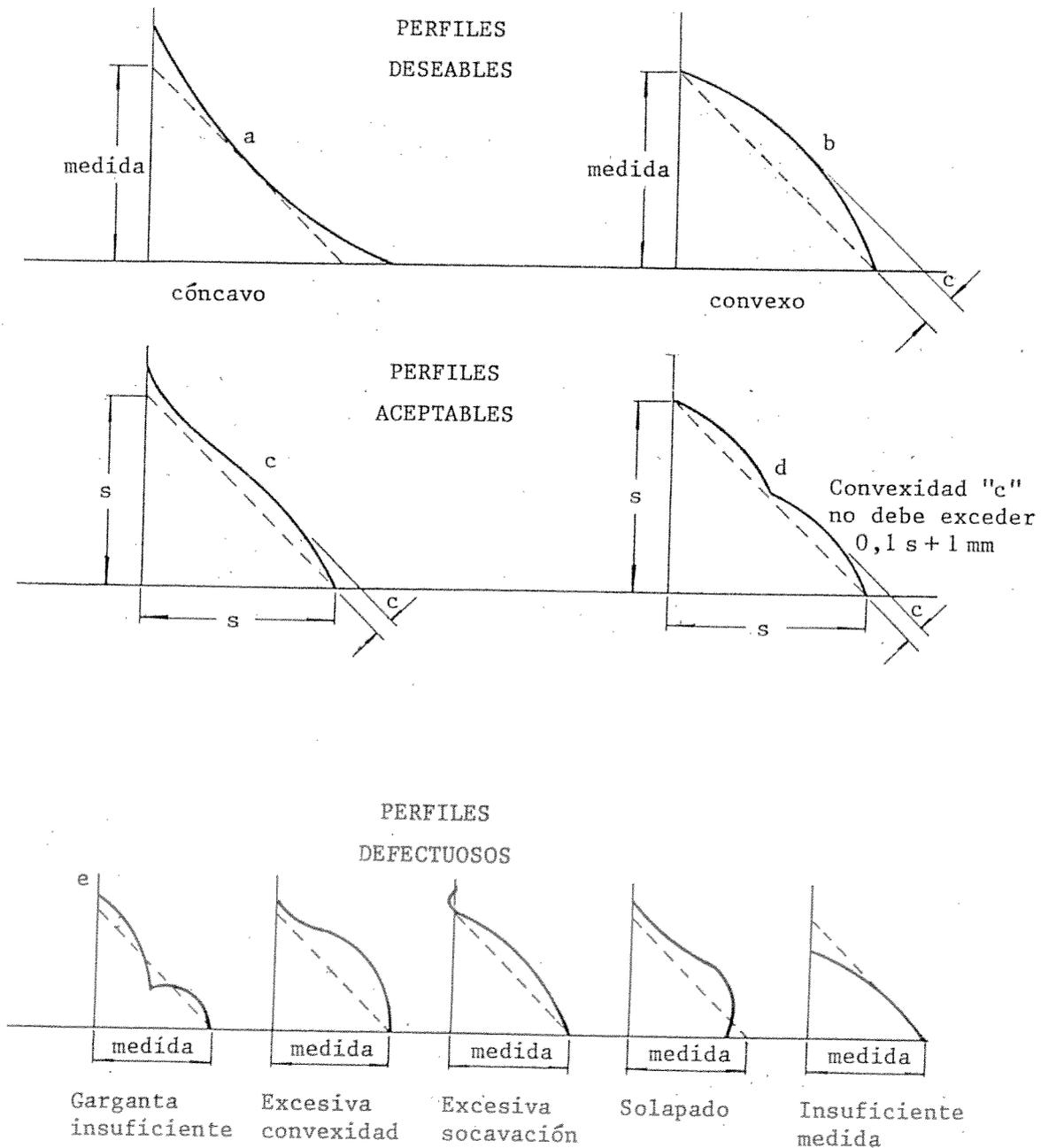
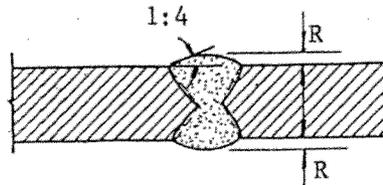


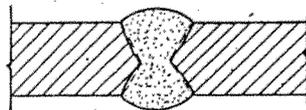
Figura 3.

- a) Soldadura a tope aceptable
La sobremonta "R" no debe exceder $t/5$ ni 3,0 mm.



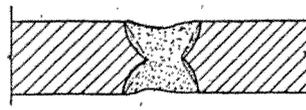
a)

- b) Defectos en soldadura a tope



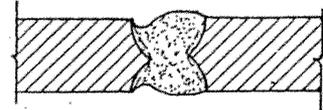
Excesiva convexidad

b



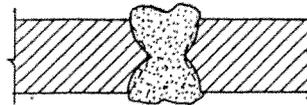
Espesor insuficiente

c



Excesiva socavación

d



Solapadura

e

Figura 4.

2.7.2.3. Ensayo radiográfico de la unión soldada

Se debe establecer en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias las uniones que deban ser radiografiadas (ver además el artículo 4.3.).

2.7.2.3.1. Ejecución

Las radiografías se pueden efectuar con Rayos X o Rayos Y y deben mostrar, cuantitativamente, los defectos que tengan tamaño igual o mayor que el 2% del espesor de la parte más fina de la unión soldada a examinar. Las placas no deben acusar defectos de procesamiento. La densidad de la placa no será menor que 1,5 ni mayor que 3,5 medida en un equipo convencional o por comparadores normalizados.

Las radiografías deben mostrar:

- a) El agujero más pequeño o el alambre más fino, especificados, en cada indicador de calidad de imagen.

- b) El número de identificación del indicador de calidad de imagen.
- c) Las marcas de identificación y ubicación de las radiografías que, a su vez, se señalarán en un plano "radiográfico" donde figuren, para cada pieza a fabricar, todas las soldaduras a ser radiografiadas, indicando si corresponde tomar el 100% de las mismas o sólo parte de ellas. En este último caso se indicará la ubicación exacta de las placas a tomar. Las radiografías se tomarán adoptando todos los requisitos de seguridad aplicables.

La soldadura no debe ser suavizada para la inspección salvo que las irregularidades de su superficie causan el oscurecimiento de los defectos a ser detectados. Cuando la sobremonta o respaldo de la soldadura, si lo hubiera, no es removido, deben colocarse debajo del indicador de calidad de imagen planchitas de acero al carbono de manera tal que el espesor total del acero entre el indicador de calidad de imagen y la película sea igual al espesor medio de la soldadura a radiografiar.

Si el espesor mayor y el menor de una soldadura que une partes de diferente espesor no puede ser obtenido con un contraste adecuado en una única película, con una única exposición, deberá ser usada la técnica de doble exposición descrita en el anexo a este artículo.

Deben usarse dos indicadores de calidad de imagen por cada radiografía de longitud de 250 mm o mayores. En longitudes menores se usa un indicador de calidad de imagen. Los indicadores de calidad de imagen se colocan del lado de la pieza más cercana a la fuente de poder y en ambos extremos de la placa.

Otras marcas a colocar se observan en la figura 5. (ver además el anexo a este artículo.

2.7.2.3.2. Aceptabilidad

Todos los defectos visibles tales como socavaciones excesivas, falta de dimensiones o de perfiles, solapaduras, excesos de sobremonta, falta de penetración visible, etc., deben ser reparados antes de la inspección radiográfica que se efectúa principalmente para observar defectos internos.

La aceptación o rechazo de las placas radiográficas se efectuará por comparación con la calidad negra o azul según la clasificación del Instituto Internacional de Soldadura o bien según las especificaciones indicadas en este artículo, de acuerdo con lo que se establezca en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias. Las soldaduras que muestren defectos no permitidos deben ser reparadas con las mismas indicaciones que se usaron para soldar y luego radiografiadas nuevamente.

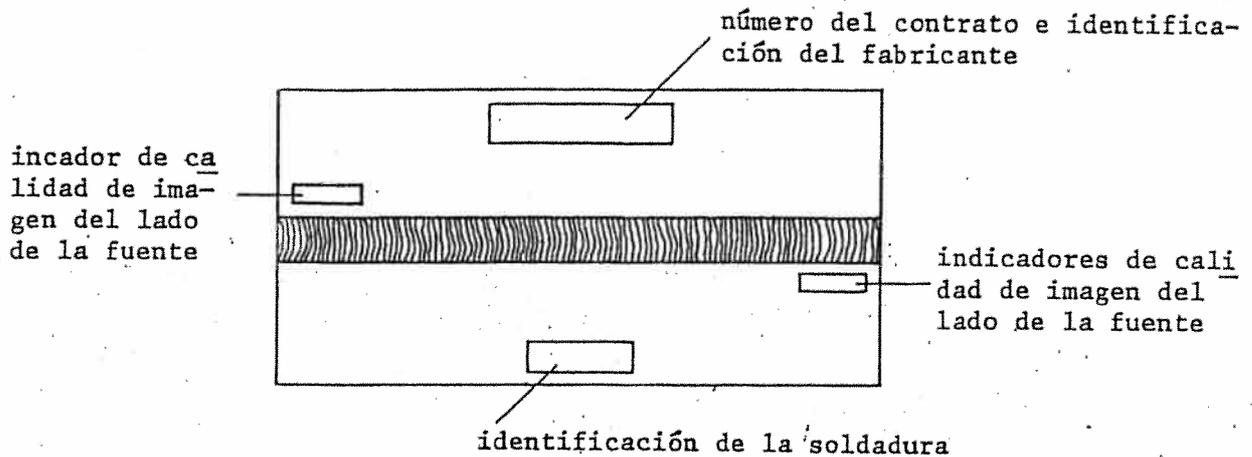


Figura 5. Las letras de plomo de identificación se colocarán sobre la marca de identificación hecha sobre la chapa para facilitar la repetición de la placa si fuera necesario.

En las radiografías en áreas discontinuas si una de ellas muestra defectos que deban ser reparados, se deben inspeccionar dos áreas adyacentes a la misma antes de la reparación y si uno de ellas muestra también defectos a reparar, se debe inspeccionar toda la unión soldada.

Una vez finalizada la inspección radiográfica y antes de comenzar las reparaciones, el Constructor debe entregar al Director de Obra el juego completo de placas con el informe de cada una de ellas a los efectos de llegar a un acuerdo sobre las reparaciones a efectuar. Una vez realizadas las reparaciones se deben entregar las placas repetidas con el informe radiográfico correspondiente. El ensayo radiográfico se efectúa en las soldaduras a tope; en las soldaduras de filete y soldaduras en ángulo no es aconsejable salvo en los casos de soldaduras en ángulo de penetración completa y siempre que sea posible ubicar correctamente las placas.

Cuando las circunstancias lo requieran el ensayo radiográfico puede ser complementado por el método magnético, el de tintas penetrantes o ultrasonido.

De los defectos internos son rechazables, cualquiera sea su dimensión, los siguientes:

- falta de penetración
- falta de fusión
- fisuras

El resto de los defectos internos tales como poros o inclusiones de escoria, deben ser aceptados o rechazados según las siguientes indicaciones:

- Defectos de dimensiones, medidos en su mayor longitud, de hasta 1,6 mm; si son aislados no se toman en cuenta, si están agrupados formando líneas, son aceptables hasta un máximo de 11 defectos en una longitud máxima de 25 mm, si están agrupados en nido son aceptables hasta un máximo de 11 defectos en un diámetro de 6 mm (Ver la figura 6).

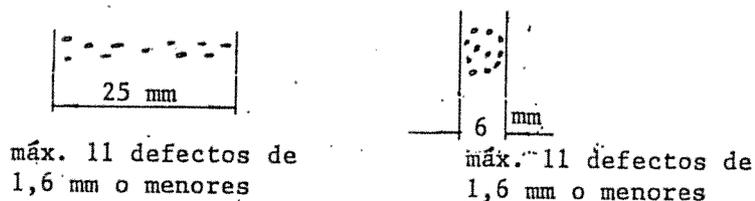


Figura 6.

- Defectos de dimensiones, medidos en su mayor longitud, mayores de 1,6 mm; se debe medir su longitud y la distancia entre dos defectos consecutivos; el mayor defecto aceptable puede tener hasta $1/3$ del espesor de la chapa inspeccionada, y no mayor que 5 mm y la distancia entre dos defectos consecutivos no podrá ser menor que nueve veces el tamaño del defecto mayor de los dos considerados.

Una vez terminada la inspección radiográfica y aprobadas todas las placas, el constructor debe archivarlas junto a los informes o entregarlas al propietario bajo acta, según los requisitos contractuales.

Las placas radiográficas son el antecedente válido para la realización de radiografías posteriores, por inspección o por detección de fallas, por ello es indispensable contar con las mismas para apreciar el avance de los defectos u otros fines.

2.7.3. Ensayos de probetas de soldadura testigo

La dirección de Obra podrá recurrir cuando a su juicio resulte necesario, a la preparación, extracción y ensayo de probetas de soldadura testigo como control complementario de las uniones soldadas, lo cual debe ser establecido en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

La probeta de soldadura testigo debe ser representativa de la unión soldada. Para ello debe ser confeccionada simultáneamente con la ejecución de la unión soldada y empleando material base,

procedimientos y consumibles idénticos a las de la soldadura a representar.

Cuando se recurra a la extracción y ensayo de probetas de soldadura testigo, se deberá indicar en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias:

- Tipos de ensayo que realizarán con las probetas de soldadura testigo
- Forma, dimensiones, ubicación y otros elementos que intervienen en la confección de la pieza adicional a la unión soldada de las que serán extraídas las probetas
- Número, ubicación y dimensiones de las probetas de ensayo a extraer de la probeta de soldadura
- Normas bajo las que se realizará el ensayo
- Valores y parámetros de los ensayos que son necesarios para la aprobación y el rechazo de la unión soldada (valores aislados, promedios, etc.)
- Representatividad de cada ensayo (ver el punto 6 del anexo a este artículo)

En el anexo a este artículo se presenta y recomienda un procedimiento de control de uniones soldadas con probetas y soldadura testigo.

ANEXOS AL CAPITULO 2

2.1. TIPOS DE JUNTA

1. Diseño

Mientras no exista la norma IRAM-IAS correspondiente, las juntas para soldadura manual con electrodos revestidos podrán diseñarse de acuerdo con la tabla A.5.

Tabla A.5. Diseño de la junta

Nro. de identificación	Espesor del elemento	Ejecución	Denominación	1) Símbolo	Sección de la unión	2)		Abertura de la raíz	Altura del talón (de la sección)	Altura del bisel	Observaciones
						Angulo					
1.1.	hasta 4	de un solo lado	Junta a tope en I			—	= t	—	—	—	—
1.2.	hasta 8	de ambos lados 3)									
2	3 hasta 40	de un solo lado de ambos lados 3)	Junta a tope en V			5 hasta 15	6 hasta 10	t	—	—	
3	más de 16	de un solo lado	Junta a tope en V con respaldo			5 hasta 15	6 hasta 10	t	—	—	—
4	más de 10	de ambos lados 3)	Junta a tope en Y	Y		= 60	0 hasta 3	2 hasta 4	$t \leq c$	—	—
5	más de 10	de ambos lados 3)	Junta a tope en doble Y			= 60	0 hasta 4	3 hasta 6	—	—	—

1), 2), 3) Ver final de la tabla.

Tabla A.5. Continuación

Nro. de identificación	Espesor del elemento t	Ejecución	Denominación	1) Símbolo	Sección de la unión	2) Angulo	Abertura de la raíz	Altura del talón (de la sección)	Altura del bisel	Observaciones
						α, β	b	a	b	
6	más de 10	de ambos lados 3)	Junta a tope en X			$\alpha = 60$	0 hasta 3	2 a 3	$\frac{t}{2}$	—
7	más de 10	de ambos lados 3)	Junta a tope en X asimétrica (h=1/3 t)			$\alpha_1 = 60$ $\alpha_2 = 60$	0 hasta 3	2 a 3	$\frac{t}{3}$	—
8	más de 12	de un solo lado	Junta a tope en U sobre raíz en V			$\alpha = 60$ $\beta = 8$	0 hasta 3	—	= 4	e = 4,6 + 0,14 t, si h = 4 mm
9	más de 12	de un solo lado o de ambos lados 3)	Junta a tope en U			= 8	0 hasta 3	= 3	t-c	e = 4,6 + 0,14 t, si c = 4 mm y $\beta = 8^\circ$
10	más de 30	de ambos lados	Junta a tope en doble U			= 8	0 hasta 3	= 3	$\frac{t}{2}$	Esta forma de empalme también se puede ejecutar análogamente a la del punto 7. e = 5 + 0,1 t, si c = 3 mm y $\beta = 8^\circ$
11	0 hasta 40	de un solo lado ó de ambos lados 3)	Junta a tope en ángulo de bisel simple en V			40 hasta 60	0 hasta 4	2 a 3	t-c	—

1), 2), 3) Ver final de la table

Tabla A.5. Continuación

Nro. de identificación	Espesor del elemento	Ejecución	Denominación	Símbolo	Sección de la unión	2) Angulo	Abertura de la raíz	Altura del talón (de la sección)	Altura del bisel	Observaciones
						a, β	b	o	h	
12	más de 16	de un solo lado	Junta en ángulo de bordes inclinados			15 hasta 30	6 hasta 10	—	—	Con respaldo
13	más de 10	de ambos lados 3)	Junta a tope o en ángulo en K			40 hasta 60	0 hasta 4	—	$\frac{t}{2}$	Esta unión también puede ser asimétrica en forma análoga a la del punto 7.
14	más de 16	de un solo lado o de ambos lados 3)	Junta en ángulo en J			10 hasta 20	0 hasta 3	≥ 2	—	$e = 6,4 + 0,2 t$ si $c = 2 \text{ mm}$ y $\beta = 10^\circ$ <hr/> $e = 4,9 + 0,36 t$ si $c = 2 \text{ mm}$ y $\beta = 20^\circ$
16	más de 30	de ambos lados 3)	Junta en ángulo en doble J			10 hasta 20	0 hasta 3	≥ 2	—	Idem punto 14 $e = 6,6 + 0,15 t$ si $c = 2 \text{ mm}$ y $\beta = 10^\circ$ <hr/> $e = 6,7 + 0,2 t$ si $c = 2 \text{ mm}$ y $\beta = 20^\circ$

1) Para eventuales símbolos adicionales ver IRAM 4536 y 522.
 2) Los valores de a y β son para soldar en posición horizontal. Para otra posición pueden ser mayores o asimétricos.
 3) En juntas con acceso de ambos lados la raíz debe ser repelada y retomada soldando con avance en sentido contrario al usado en el relleno de la junta.
 NOTA: Las dimensiones son todas en mm y los ángulos en grados, sexagesimales.

2. Preparación de las juntas

En la figura A.7. a A.9. se presentan los elementos a tomar en cuenta en la preparación de las juntas.

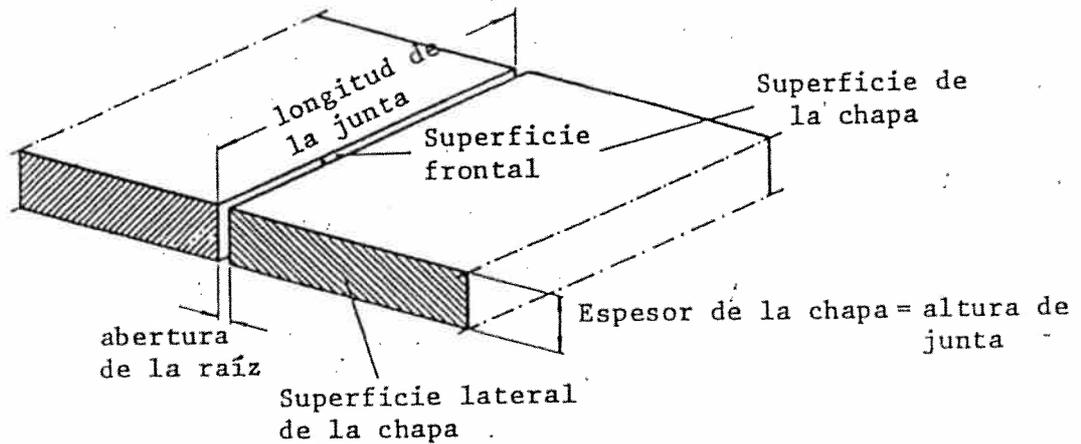


Figura A.7. Preparación de la junta a tope en I (sin preparación especial).

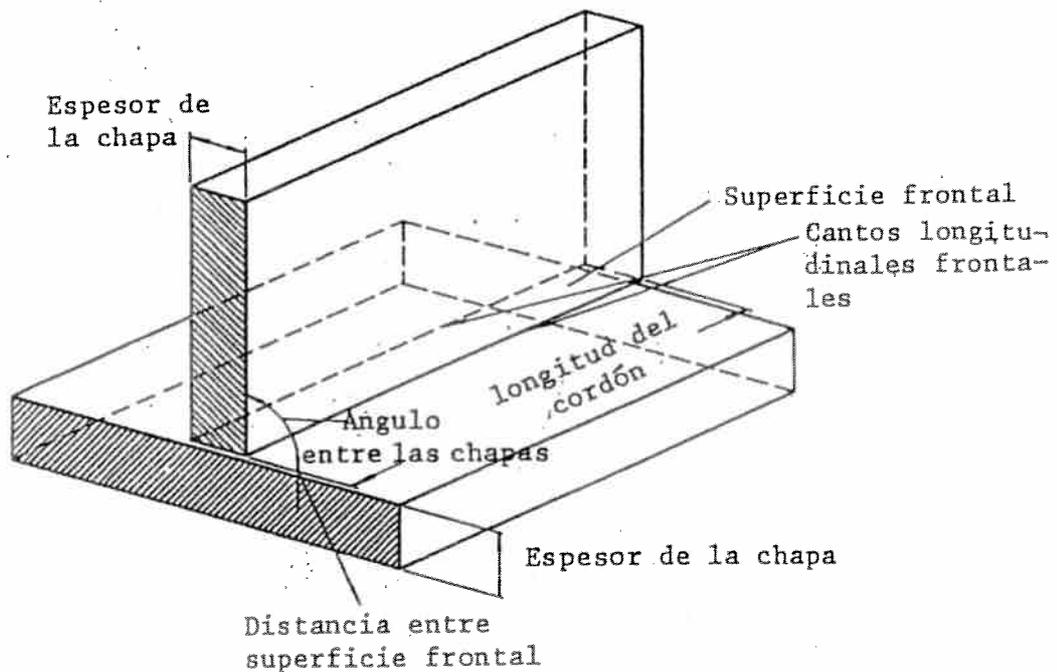
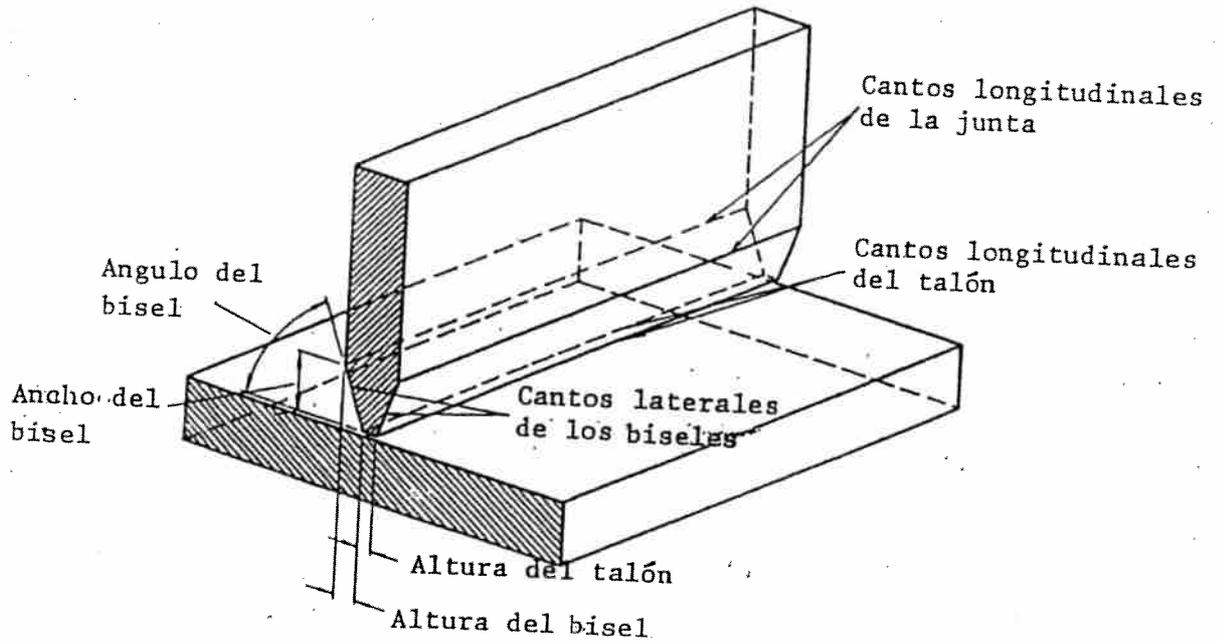
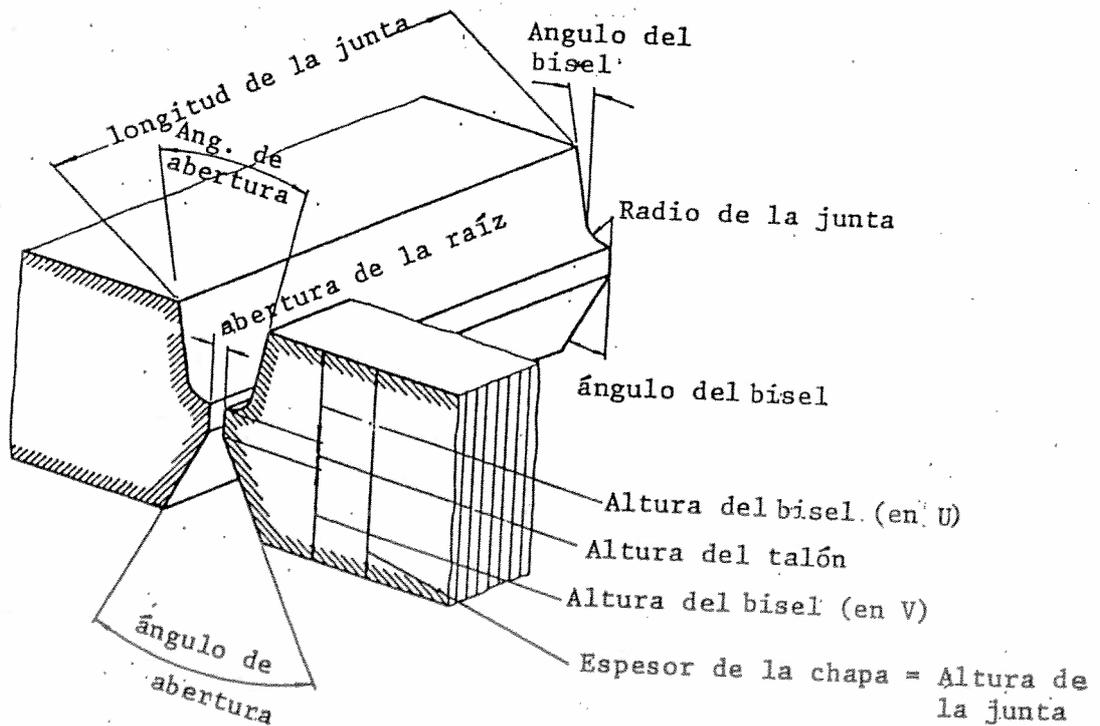


Figura A.8. Preparación de la junta de filete o de la junta en ángulo.



a) Preparación de la junta en ángulo con preparación en K.

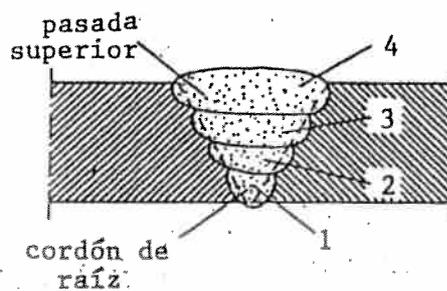
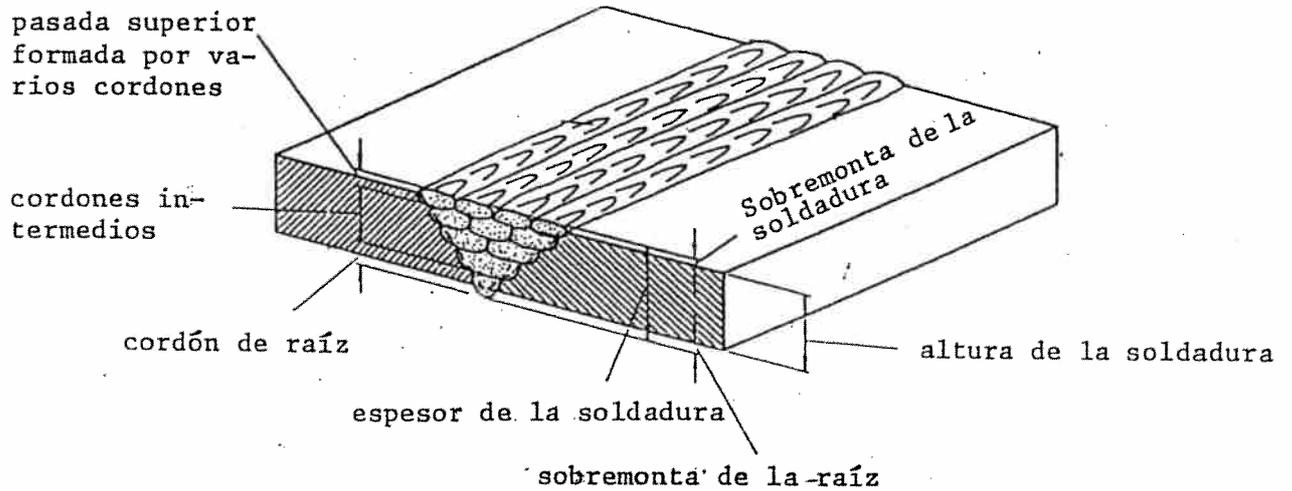


b) Esquema para juntas a tope en doble Y, doble U y en X.

Figura A.9. Forma de la junta para otros tipos de unión soldada

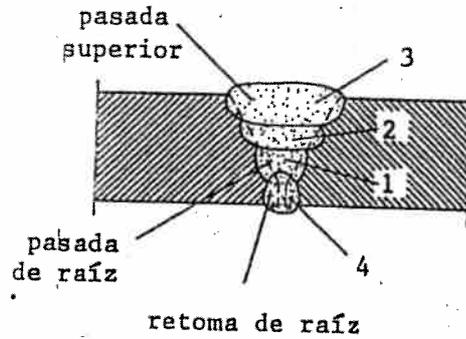
3. Ejecución de las uniones soldadas

Las uniones soldadas pueden estar constituidas por una o varias pasadas de soldadura según se estipula en las figuras A.10 a A.13.



Ejemplo de sucesión de pasadas para la soldadura en V, soldada de un solo lado. Los números indican la sucesión de las pasadas. Cada pasada puede estar integrada por varios cordones.

Figura A.10. Soldadura a tope con preparación en V



Ejemplo de sucesión de pasadas para la soldadura a tope con preparación en Y, soldada de un lado con retoma de raíz. Los números indican la sucesión de las pasadas. Cada pasada puede estar integrada por varios cordones.

Figura A.11. Soldadura a tope con preparación en Y

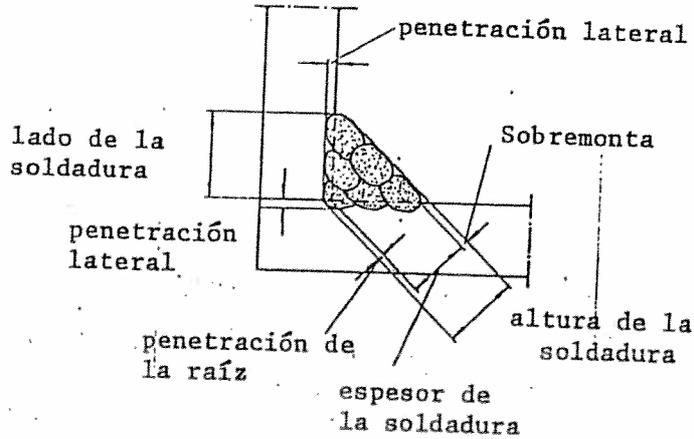


Figura A.12. Soldadura de filete

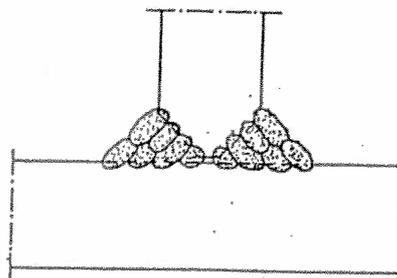


Figura A.13. Junta en ángulo con preparación en K

2.3. APROBACION DE PROCEDIMIENTOS PARA SOLDADURA

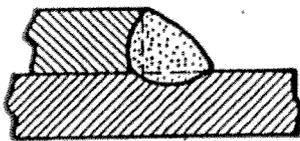
1. Juntas precalificadas

Las juntas indicadas en el presente artículo y realizadas con aceros F 20, F 22, F 24 y F 26 podrán efectuarse sin necesidad de calificar el procedimiento de soldadura.

a) Juntas de filete

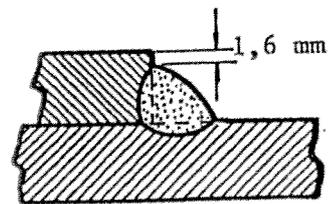
Tabla A.6.

Menor espesor a soldar (mm)	Lado del filete (mm) mayor o igual que
$t \leq 6,4$	3
$6,4 < t \leq 12,7$	5



$t \leq 6,4$ mm

Figura A.14



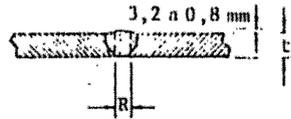
$6,4 < t \leq 12,7$

Figura A.15

Los lados de los filetes de la figuras A.14 y A.15 no deben ser mayores que

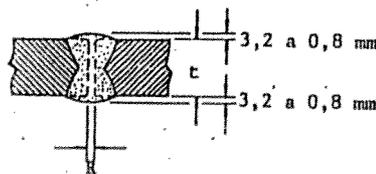
- el espesor del material base, cuando éste es menor o igual que 6,4 mm (figura A.14)
- 1,6 mm menos que el espesor del material base, cuando éste es mayor que 6,4 mm (figura A.15).

b) Juntas a tope y en ángulo (Figura A.16)



Proceso de soldadura	tipo de junta	t _{max} mm	R (mm)	tolerancias de		posiciones	a (ver cap.3)
				diseño mm	fabricación mm		
soldadura manual por arco eléctrico	a tope	3,2	0 a 1,6	+ 1,6; -0	± 1,6	todas	t
	a tope	6,4	≥ t/2	+ 1,6; -0	± 1,6	todas	3/4 t

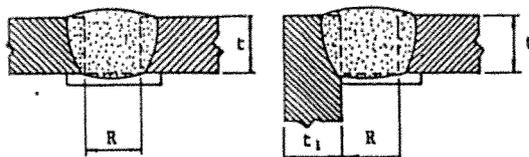
■ Juntas soldadas de un solo lado. No son aplicables para puentes



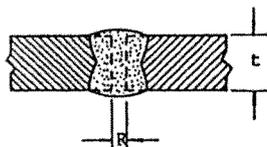
Proceso de soldadura	tipo de junta	t _{max} mm	R (mm)	tolerancias de		posiciones	a (ver cap.3)
				diseño mm	fabricación mm		
soldadura manual por arco eléctrico	a tope	6,4	0 a 1,6	± 0	+ 4,8	todas	t

■ No es necesario retomar la raíz antes de soldar del otro lado. Esta soldadura no es aplicable a puentes

Figura A.16.a. Soldadura con penetración parcial

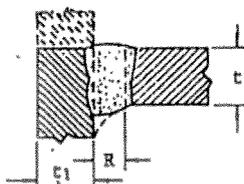


Proceso de soldadura	tipo de junta	máx t (mm)	t1 (mm)	R	tolerancias de		posiciones
					diseño mm	fabricación mm	
					ver 1.1.	ver 1.2.	
soldadura manual por arco eléctrico	a tope	6,4	-	t	+1,6; -0	+6,4; -1,6	todas
	en ángulo	6,4	sin limite	t	+1,6; -0	+6,4; -1,6	todas



Proceso de soldadura	tipo de junta	t _{max} (mm)	R	tolerancias de		posiciones
				diseño mm	fabricación mm	
				ver 1.1.	ver 1.2.	
soldadura manual por arco eléctrico	a tope	6,4	t/2	+1,6; -0	+1,6; -3,2	todas

■ Retomar la raíz antes de soldar del otro lado.



Proceso de soldadura	tipo de junta	t _{max} (mm)	t1 (mm)	R	tolerancias de		posiciones
					diseño mm	fabricación mm	
					ver 1.1.	ver 1.2.	
soldadura manual por arco eléctrico	en ángulo	6,4	cualquiera	t/2	+1,6; -0	+1,6; -3,2	todas

- Se debe retomar la raíz antes de soldar del otro lado.
- Si se emplean soldaduras de filete para reforzar soldaduras en ángulo deben tener un lado a/0,7 igual a t/4 pero no es necesario exceder 9,5 mm.

Figura A.16.b. Soldadura con penetración total

1.1. Tolerancias de diseño

Las dimensiones de las aberturas de raíz R especificadas en los planos de detalle pueden variar de las establecidas en las tablas de la figura A.16. dentro de los límites establecidos en la columna de tolerancias de diseño.

1.2. Tolerancias de fabricación

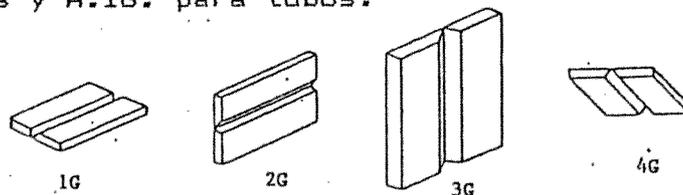
Las dimensiones de las aberturas de raíz R pueden variar respecto de las establecidas en el proyecto dentro de los límites fijados en la columna de tolerancias de fabricación.

2. Calificación de procedimientos para soldadura

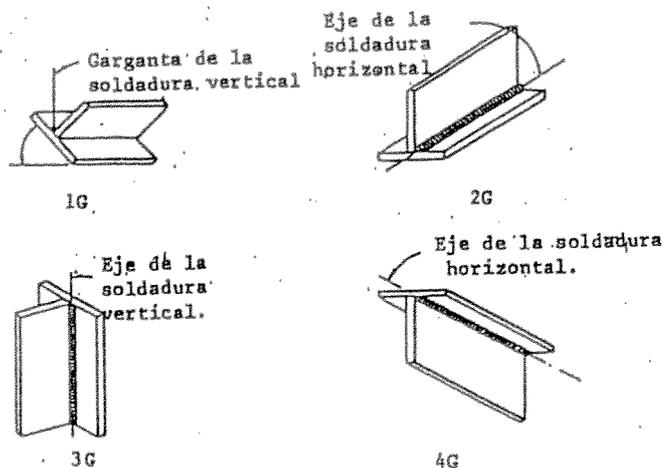
Las probetas de soldadura deben ejecutarse con los materiales indicados en los planos y con los procedimientos establecidos. Para todos los tipos de juntas soldadas, la longitud de la soldadura y las dimensiones del metal base deben proveer suficiente material para preparar las probetas de soldadura requeridas.

2.1. Posiciones de soldadura

Las posiciones de soldadura se esquematizan en la Figura A.17. para chapas y A.18. para tubos.



a) soldadura a tope en chapas



b) soldadura de filete en chapas

Figura A.17. Posiciones de soldadura para chapas.

2.2. Examen de procedimiento

2.2.1. Soldadura a tope y en ángulo con penetración total

El tipo y número de probetas para calificar un procedimiento de soldadura está indicado en las tablas A.7.a. para chapas y A.7.b. para tubos.

Tabla A.7.a.

Espesor de la chapa t (mm)	Máximo espesor que califica (mm)	Ensayo no destructivo	Número de probetas de soldadura por posición	Cantidad de probetas de ensayo de			
				tracción de sección reducida	doblado		
					lateral	de cara	de raíz
$t < 19$ excluido 9,5 mm	t	si	1	2	4	--	--
$19 < t < 25$	t	si	1	2	4	--	--
$t \geq 25$	sín límite	si	1	2	4	--	--
$t = 9,5$ †	19	si	1	2	--	2	2

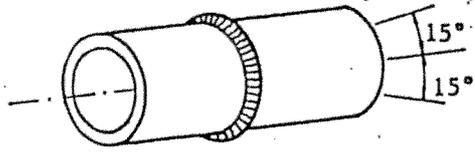
* Es una opción para calificar espesores hasta 19 mm con una probeta de espesor $t = 9,5$ mm.

Nota: todas las probetas de soldadura deben ser inspeccionadas visualmente (ver el artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304). Un mínimo de 150 mm de la longitud de soldadura debe ser ensayado por radiografía o ultrasonido previo al ensayo mecánico (ver artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304).

Tabla A.7.b

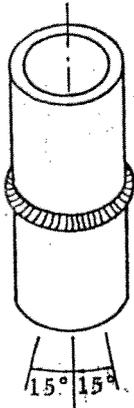
Tamaño del tubo de ensayo		Tamaño del tubo calificado			Ensayo no destructivo	Número de probetas de soldadura por posición	Cantidad de probetas de ensayo de			
Diámetro exterior mm	Espesor t mm	Diámetro exterior mm	Espesor t (mm)				Tracción de sección reducida	Lateral	Doblado	
			mín	máx					de cara	de raíz
50 a 76	5,54 5,49	19 ≤ D < 101	1,6	17	si	2	2	-	2	2
152 a 203	10,97 18,24	D ≥ 102	4,75	cualquiera	si	1	2	4	-	-
D < 609	t < 19	diámetro ensayado y mayores	t/2	2 t	si	1	2	4	-	-
	t ≥ 19	diámetro ensayado y mayores	9,5	cualquiera	si	1	2	4	-	-
D ≥ 609	t < 19	más de 609	t/2	2t	si	1	2	4	-	-
	t ≥ 19		9,5	cualquiera	si	1	2	4	-	-

NOTA Todas las probetas de soldadura deben ser inspeccionadas visualmente (ver artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304 "Estructuras de acero soldadas").
Para tubos, toda la longitud de la soldadura debe ser ensayada por radiografía o ultrasonido previa al ensayo mecánico (ver artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304).

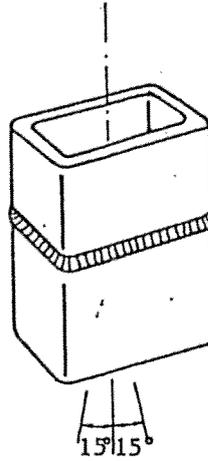


El eje del tubo está en posición horizontal. El tubo se gira durante la operación de soldado de forma tal que el metal de aporte se deposite desde arriba.

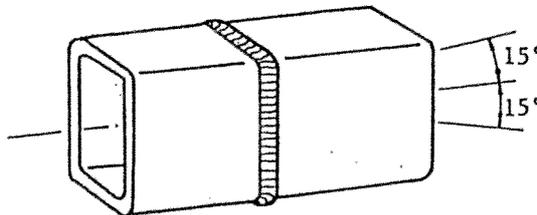
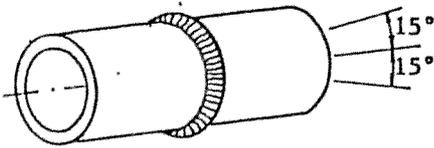
1GT



El eje del tubo está en posición vertical y la soldadura en un plano horizontal. La soldadura se realiza sin girar el tubo.

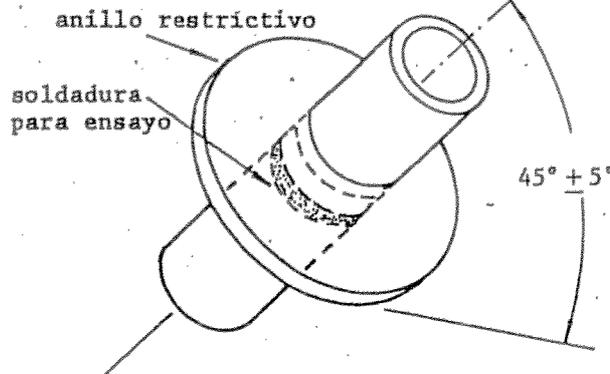
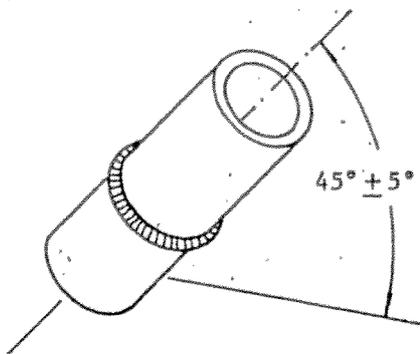


2GT



El eje del tubo está en posición horizontal y el tubo está fijo.

3GT

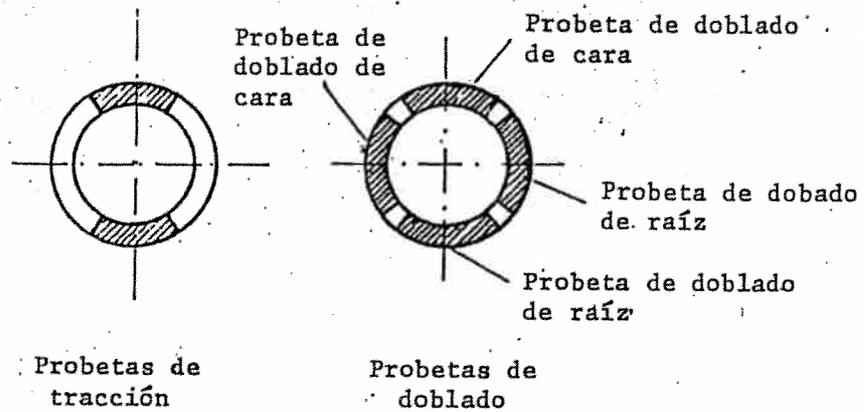


El tubo está fijo y su eje inclinado 45°

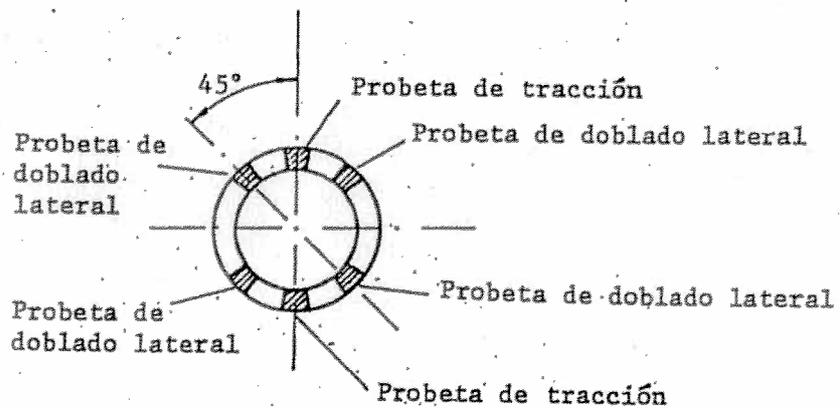
5GT

5GTR

Figura A.18. Posiciones de soldadura para tubos.

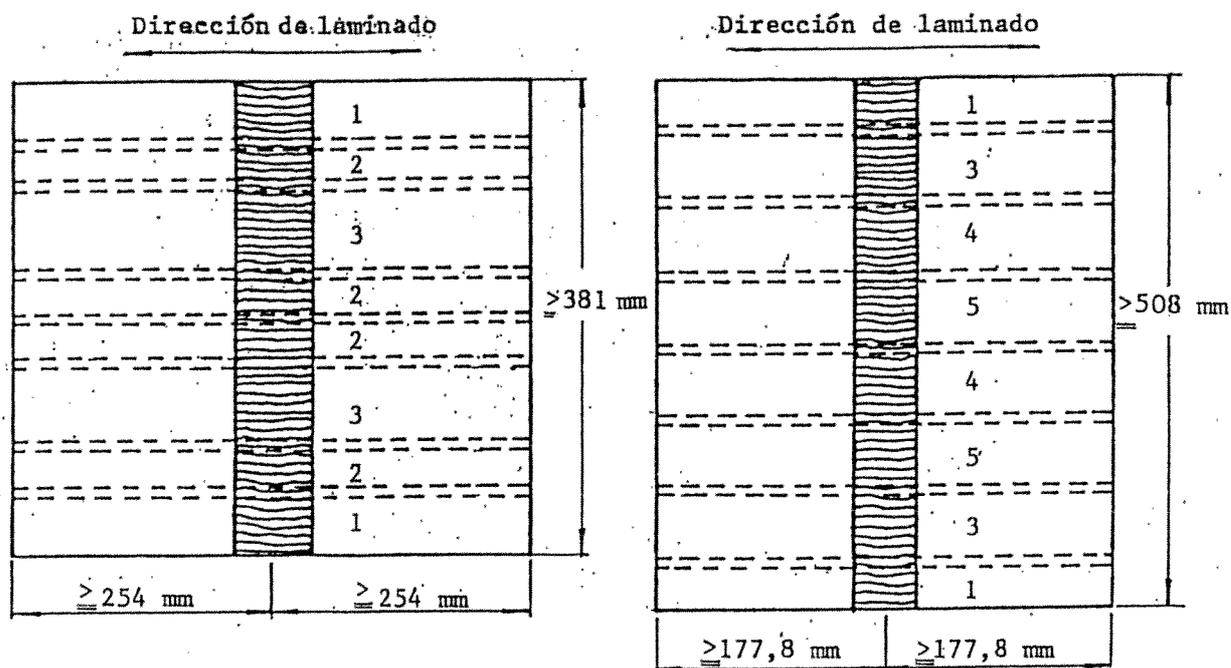


Ubicación de las probetas de ensayo. Diámetros de 50,8 mm ó 76,2 mm



Ubicación de las probetas de ensayo. Diámetros de 152,4 mm ó 203,2 mm

Figura A.19. Ubicación de las probetas de ensayo en tubos.



La configuración usada debe corresponder a la que se debe calificar. La dibujada es ilustrativa.

Todos los espesores de chapa, excluido 9,5 mm

- 1 - Descarte
- 2 - Probeta de ensayo de doblado lateral
- 3 - Probeta de ensayo de tracción de sección reducida



La configuración usada debe corresponder a la que se debe calificar. La dibujada es ilustrativa.

Espesores de chapa de 9,5 mm

- 4 - Probeta de ensayo de doblado de raíz
- 5 - Probeta de ensayo de doblado de cara

Figura A.20. Ubicación de las probetas de ensayo en chapas.

Las probetas de ensayo para soldaduras en ángulo deben ser soldaduras a tope con la misma preparación que la soldadura en ángulo que se usará en la construcción.

Previo a la preparación de las probetas de ensayo mecánico, para la calificación de procedimientos en tubos o chapas, deben realizarse los ensayos no destructivos por radiografía o ultrasonido. Para chapas debe ensayarse la longitud de la soldadura dejando fuera las partes a descartar, como está indicado en la figura A.20. Como mínimo se ensayarán 150 mm de la longitud de soldadura. Para tubos el ensayo comprenderá toda la circunferencia. Los resultados de estos ensayos deben cumplir con los requisitos del artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304. Las probetas de ensayo mecánico deben ser obtenidas a partir de la probeta de soldadura correspondiente según las figuras A.19 ó A.20. ensayadas de acuerdo con el artículo 2.2.4 de este anexo.

2.2.2. Soldadura a tope y en ángulo con penetración parcial.

El tipo y número de probetas de ensayo para calificar un procedimiento de soldadura está indicado en la tabla A.8. Se debe realizar la probeta con el tipo de junta y el procedimiento a usar en la construcción pero la altura de la preparación no necesita ser mayor que 25,4 mm. En el caso de juntas en ángulo con penetración parcial, las probetas deben ser soldaduras a tope con la misma preparación que la soldadura en ángulo que se usará en la construcción. La soldadura a tope debe tener una chapa temporaria que simula la restricción que encontrará el soldador en la construcción. La probeta de soldadura debe ser ensayada como sigue:

- a) Deben realizarse tres ensayos macrográficos para demostrar que se ha alcanzado la profundidad requerida.
- b) Cuando se ha calificado el procedimiento para una junta de penetración total y es aplicada a las condiciones de soldadura de una junta de penetración parcial, deben realizarse tres ensayos macrográficos.
- c) Si un procedimiento de soldadura no está cubierto por los puntos a) ó b), si no se encuentra precalificado, si no ha sido ensayado para una junta a tope de penetración total, se debe proceder de la siguiente forma: se prepara una probeta de soldadura y se realiza un ensayo macrográfico para determinar la profundidad de la preparación. Se maquina el exceso de material del lado superior de la soldadura hasta alcanzar el nivel de la chapa. Luego se preparan las probetas de ensayo de tracción y doblado lateral de acuerdo con lo que se establece para penetración total en el artículo 2.2.1.

Tabla A.8.

Tipo de soldadura	Profundidad de la preparación (máx) en mm	Número de probetas	Ensayos requeridos			Espesor calificado
			macrográfico	Tracción de sección reducida	Doblado lateral	
la usada en la construcción	25,4	1	3	2	4	sin límite

Nota: todas las probetas de soldadura deben ser inspeccionadas visualmente (ver artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304).

Si una junta en ángulo con preparación en V o en J, y con penetración parcial es usada en una junta en T o una junta en ángulo con preparación en doble V o doble J es usada en una junta en L; la junta a tope será ejecutada colocando una chapa en T que simule la restricción que encontrará el soldador en la construcción.

2.2.3. Soldadura de filete

El tipo y número de ensayos para calificar un procedimiento de soldadura está indicado en la tabla A.9.

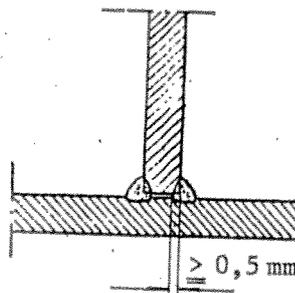
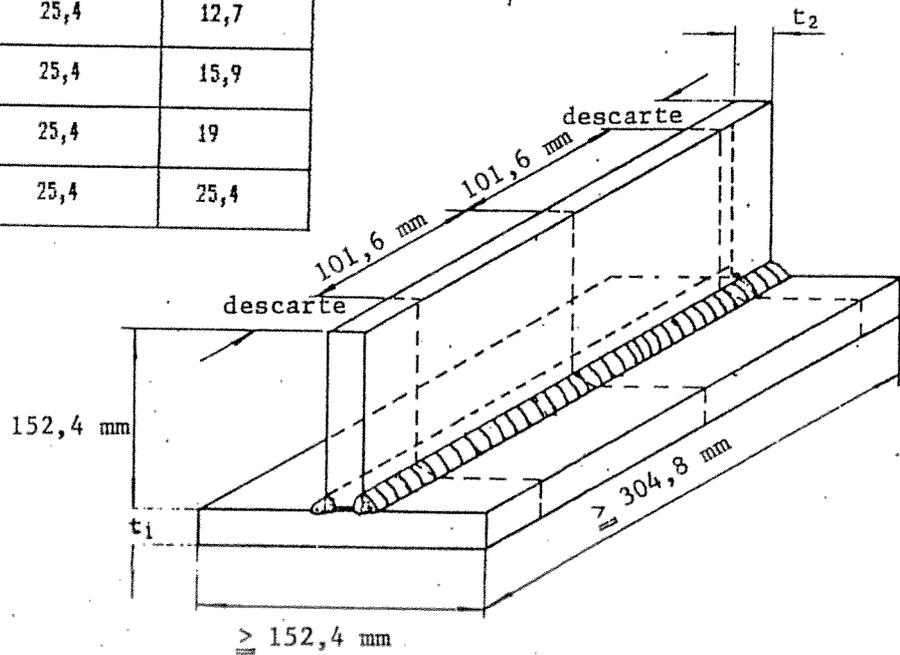
Tabla A.9.

Probeta de soldadura	Tamaño de filete	Número de soldadura por procedimiento	Ensayos requeridos			Tamaños calificados	
			macrográfico	Tracción (Fig.A. 23.)	Doblado lateral	Espesor de la chapa	Tamaño del filete
según figura A.2.	una sola pasada, máximo tamaño a ser usado	una en cada posición	3 cortes	--	--	sin límite	el máximo ensayado en una pasada y tamaños menores
	múltiples pasadas, mínimo tamaño a ser usado	una en cada posición	3 cortes	--	--	sin límite	el mínimo ensayado en múltiples pasadas y tamaños mayores

Nota: Todas las probetas de soldadura deben ser inspeccionadas visualmente (ver artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304).

Se deben realizar ensayos de probetas de soldadura como muestra la figura A.21. por cada procedimiento de soldadura y posición a ser usada en la construcción.

Lado de la soldadura (mm)	t ₁ min. (mm)	t ₂ min. (mm)
4,76	12,7	4,76
6,4	19	6,35
7,94	25,4	7,94
9,5	25,4	9,5
12,7	25,4	12,7
15,9	25,4	15,9
19	25,4	19
> 19	25,4	25,4



Probeta para ensayo macrográfico

Figura A.21.

Una probeta de soldadura preparada con el máximo tamaño de filete a ser usado en la construcción en una sola pasada y otra con el mínimo tamaño y múltiples pasadas. Se deben cortar dos probetas de ensayo mediante tres cortes y cada cara de los tres cortes constituye una probeta para hacer un ensayo macrográfico.

2.2.4. Ensayos

2.2.4.1. Ensayo de tracción de sección reducida

La probeta de ensayo será la de la figura A.22. y el ensayo se debe hacer de acuerdo con la norma IRAM-IAS U 500-102.

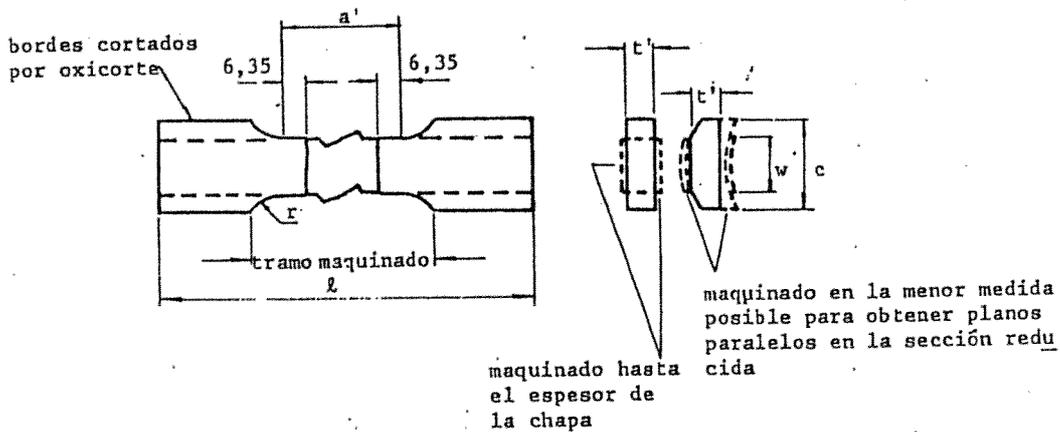


Figura A.22.

Tabla A.10. Probeta de ensayo de tracción de sección reducida

	Dimensiones en chapa			diámetro	diámetro o largo de trabajo
	$t \leq 25,4$	$25,4 < t < 38$	$t \geq 38$		
a - longitud de la sección reducida	ancho mayor de la soldadura más 12,7 mm y mayor que 5,7 mm			50,8 y 76,2	152,4 y 203,2
- longitud total 1)	la requerida por el equipo de ensayo			la requerida por el equipo de ensayo	
w - ancho de la sección reducida 2), 3)	$38,1 \pm 0,25$	$25,4 \pm 0,25$	$25,4 \pm 0,25$	$12,7 \pm 0,25$	$19 \pm 0,25$
c - ancho de la sección de agarre 3), 4)	50,8	38,1	38,1	$\geq 25,4$	$\geq 31,75$
t' - espesor de la probeta 5)	t	t	t/n	el máximo posible	
r - radio	12,7	12,7	12,7	25,4	25,4

- 1) Es deseable que la longitud de agarre sea la suficiente para permitir a la probeta penetrar en las mordazas una distancia igual o mayor que las tres cuartas partes de la longitud de éstas.
- 2) Los extremos de la sección reducida no debe diferir en ancho más de 0,1016 mm. Además debe haber una disminución gradual desde los extremos hacia el centro, pero el ancho en cada extremo no debe ser mayor que el ancho en el centro más 0,381 mm.
- 3) El menor ancho (wyc) debe ser usado cuando es necesario. En cada caso el ancho de la sección reducida debe ser tan grande como el ancho del material a ser ensayado lo permita. Si el ancho del material es menor que w, los lados deben ser paralelos a todo lo largo de la longitud de la probeta.
- 4) Los extremos de las probetas de ensayo para chapas deben ser simétricas con el eje central de la sección reducida con una tolerancia de 6,35 mm.
- 5) Para chapas de espesor mayor que 38,1 mm, las probetas deben ser cortadas en el menor número posible de partes aproximadamente iguales y no excediendo cada una los 38,1 mm. de espesor. Los resultados de los ensayos deben promediarse.

2.2.4.2. Ensayo de doblado guiado (de cara, de raíz o lateral)

El ensayo de doblado guiado se realiza según el esquema A de la Norma IRAM 597. Se efectúa el doblado guiado a 180° y se puede aceptar una grieta o varias cuya suma de longitudes no exceda de 3,5 mm.

2.2.4.3. Ensayo macrográfico

Las probetas deben ser examinadas y deben cumplir con lo especificado en el artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304. Las probetas de soldadura para juntas a tope y penetración parcial deben tener la penetración especificada. Las probetas de soldadura para soldaduras de filete deben mostrar fusión de la raíz y ambos catetos del filete deben tener aproximadamente 3,2 mm. La convexidad no debe exceder la especificada en el artículo 2.7.2. del Reglamento CIRSOC 304.

2.2.4.4. Ensayo de tracción de probeta completa

Se realizará de acuerdo con la figura A.23 y la norma IRAM-IAS 500-102.

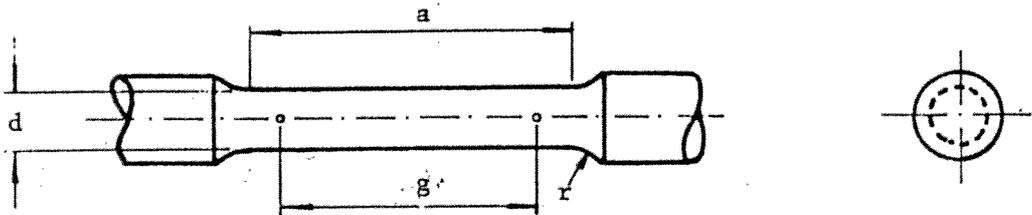


Figura A.23.

Tabla A.11. Probeta de ensayo de tracción de sección completa

Dimensiones de la probeta			
Diámetro nominal	12,7 mm de circunf.	8,9 mm de circunf.	6,35 mm de circunf.
g- longitud normalizada	50,8 ± 0,127	35,56 ± 0,127	25,4 ± 0,127
d- diámetro (1)	12,7 ± 0,254	8,9 ± 0,18	6,35 ± 0,127
r- radio del filete	9,52	6,35	4,76
a- longitud de la sección reducida (2) mín.	57,15	44,45	31,75

- 1) La sección reducida debe tener una reducción gradual desde los extremos al centro, el diámetro extremo debe ser mayor que el central en no más del 1%.
- 2) La longitud de la sección reducida puede ser incrementada para colocar un extensómetro de la longitud adecuada. Las marcas de referencia para medición del alargamiento deben estar separadas a la distancia g.
- 3) Los extremos deben tener la forma adecuada para ser tomados de forma que la carga sea axial.

2.2.4.5. Ensayos no destructivos

Deben estar de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.7.2. del CIRSOC 304.

2.2.4.6. Inspección visual

2.2.4.6.1. En chapas

Las probetas de soldadura deben estar de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.7.2. del CIRSOC 304.

2.2.4.6.2. En tubos

Se debe cumplir lo siguiente:

- a) La soldadura no debe tener grietas.
- b) Todos los cráteres deben ser llenados por soldadura.
- c) La superficie de la soldadura debe estar en un mismo nivel con la superficie exterior del tubo y la soldadura debe unirse suavemente con la chapa base. No debe haber socavaduras que excedan 0,4 mm. La sobremonta de la soldadura debe cumplir lo establecido en la tabla A.12.

Tabla A.12

Espesor de la pared del tubo	Máxima sobremonta (mm)
≤ 9,5 mm	2,4
mayor de 9,5 mm y menor o igual que 19 mm	3,2
mayor de 19 mm	4,8

- d) La raíz de la soldadura debe ser inspeccionada; y no debe mostrar fisuras, grietas, falta de fusión o de penetración. Se admite, dentro de los límites establecidos en el punto e, una superficie cóncava de la raíz, siempre que la soldadura tenga un espesor mayor o igual que el del metal base.
- e) La máxima concavidad de la raíz debe ser 1,6 mm.

2.3. Examen de procedimiento para soldadura en barras de acero de sección circular

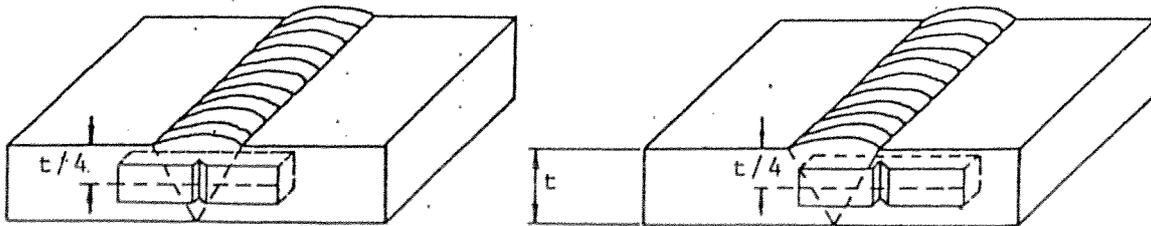
Se realizará de acuerdo con el Esquema A de la norma IRAM-IAS U 500-97.

2.4. Si en la fabricación de la pieza o parte de ella se exigieran valores mínimos de flexión por impacto a una determinada temperatura se preparará la probeta de soldadura en forma tal de poder extraer las probetas de ensayo de flexión por impacto, preferiblemente 6 ó 10 probetas, las que deberán satisfacer los requerimientos del proyecto de la obra.

Si se toman 6 probetas de ensayo serán 3 para entallar en el centro de la soldadura y 3 en la zona afectada por el calor; el valor obtenido de cada juego de 3 probetas se promediará (ver la figura A.24).

Si se toman 10 probetas de ensayo serán 5 para entallar en el centro de la soldadura y 5 en la zona afectada por el calor. De cada juego de 5 probetas de ensayo se descartan la de mayor valor y la de menor valor y luego se promedian las otras 3 para obtener el valor resultante del ensayo de flexión por impacto.

El ensayo se realizará de acuerdo con la norma IRAM-IAS 500-16.



Ubicación de la probeta de ensayo en el centro de la soldadura.

Ubicación de la probeta de ensayo en la zona afectada por el calor.

Figura A.24.

La probeta debe ser perpendicular a la dirección de la soldadura. Cuando el espesor de la soldadura lo permite la probeta debe estar ubicada con su eje situado a $1/4 t$. Cuando no es posible se lo centrará respecto de las dos caras de la chapa.

La probeta de ensayo debe tener la base de la entalladura coincidente con el eje de simetría de la soldadura y ser perpendicular a la superficie de la soldadura.

La probeta de ensayo representativa de la zona afectada por el calor debe tener la base de la entalladura completamente en el metal base y uno de sus extremos tan cerca de la línea de fusión como sea posible. Generalmente la base de entalladura es perpendicular a la superficie de la soldadura.

2.4. CLASIFICACION Y HABILITACION DE TALLERES PARA SOLDADURA

1. Clasificación de talleres para soldadura

Los talleres son clasificados T_1 , T_2 y T_3 .

Los talleres clase T_1 deben contar o estar provistos con los siguientes medios:

- a) Ambito techado de trabajo con depósitos e instalaciones con temperatura controlada para el secado de consumibles de soldadura y materiales auxiliares.
- b) Sistema de elevación y transporte de piezas: puentes grúas de pórticos o similares.
- c) Máquinas de trabajo y herramientas adecuadas: sierras, tijeras, instalaciones de oxicorte, rodillos, equipos para desbastar, equipos para preparación de juntas, rectificadores y transformadores de energía eléctrica para soldadura, máquinas para soldar, mesas posicionadores.
- d) Instalaciones adecuadas de precalentamiento y tratamiento térmico posterior: hornos para alivio de tensiones, equipos y registros de medición de temperatura de piezas.
- e) Deberá contar con la supervisión de un profesional habilitado para el cálculo y ejecución de soldaduras.
- f) Sus soldadores deben cumplir con el grado de aptitud I ó II (ver el artículo 2.5. del Reglamento).
- g) Instrumental para control de soldaduras: equipos magnéticos, o de ultrasonido o de rayos X, tintas penetrantes para detección de fisuras superficiales, máquina de ensayo a la tracción y a la flexión por impacto. Este requisito puede ser total o parcialmente cubierto mediante convenios entre el taller y los laboratorios que posean el instrumental.

Los talleres clase T_2 son aquellos que no cumplen con alguno de los requisitos de la clase T_1 y cuentan con los siguientes medios mínimos:

- a) Ambito techado en sus sectores necesarios de trabajo y depósitos.
- b) Equipos para elevación y transporte, lo cual puede ser total o parcialmente cubierto mediante convenios con otras empresas.
- c) Equipo mínimo para soldar: elementos de corte, elementos de preparación de juntas, herramienta para desvastar, rectificadores y transformadores de energía eléctrica para soldadura, máquinas para soldar.
- d) Soldadores con el grado de aptitud I ó II (ver el artículo 2.5. del Reglamento).
- e) Instrumental para control de soldaduras: equipos magnéticos, o de ultrasonido o de rayos X, tintas penetrantes para detección de fisuras superficiales, máquina de ensayo a la tracción y a la flexión por impacto. Este requisito puede ser total o parcialmente cubierto mediante convenios entre el taller y laboratorios que posean el instrumental y provean el servicio necesario.

Los talleres clase T₃ son aquellos que no cumplen con alguno de los requisitos de la clase T₂ y cuentan con los siguientes medios mínimos:

- a) Ambito techado, como mínimo para depósitos y oficinas.
- b) Equipos mínimos para elevación y transporte lo cual puede ser total o parcialmente cubierto mediante convenios con otras empresas.
- c) Soldadores con el grado de aptitud I, II ó III (ver el artículo 2.5. del Reglamento).

2. Habilitación de talleres clase T₁, T₂ y T₃

De acuerdo al tipo de estructura a realizar, el comitente debe indicar qué clase de taller necesita su obra, en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

En este artículo se da una orientación sobre el alcance de cada clase de taller.

- a) Los talleres clase T₁ están habilitados para realizar trabajos de soldadura en estructura con todo tipo de carga, todo tipo de acero y sin limitaciones de dimensiones (salvo las que fijen los Reglamentos respectivos).
- b) Los talleres clase T₂ están habilitados para realizar trabajos de soldadura en estructuras construídas con acero F-20, F-22, F-24 y F-26 sometidas a cargas predominantemente estáticas (ver el artículo 1.2. del Reglamento) en los siguientes casos:

- vigas de alma llena de perfil abierto o cerrado de hasta 16 m de luz o vigas de reticulado de hasta 25 m.
 - columnas, postes y apoyos de hasta 16 m de largo.
 - espesores de secciones portantes inferiores a 17 mm y espesores de platabandas inferiores a 30 m.
 - edificios con sobrecargas por piso no mayores que 10 kN/m².
- c) Los talleres clase T₃ pueden integrar equipos de trabajo para la realización de elementos secundarios construídos con acero F-20, F-22, F-24 ó F-26 en estructuras bajo carga no predominantemente estáticas siempre que sus tareas sean supervisadas por uno de los talleres clase T₁ ó T₂ que intervienen en la construcción.

Estos talleres pueden realizar torres y carteles en zonas despobladas, depósitos secundarios, galpones rurales, instalaciones precarias, vallados y cercas, estructuras con luz menor de 10 m sometidas a cargas estáticas, con los mismos materiales indicados.

2.7.2.3. ENSAYO RADIOGRAFICO

1. Técnica de doble exposición

La técnica de "doble exposición" consiste en utilizar dos tipos de película de diferente sensibilidad de manera tal de obtener con un solo disparo dos placas correctas, una para el espesor mayor y otra para el espesor menor. La elección de los dos tipos de película necesarias se hará en función del espesor mayor y menor.

Para obtener placas radiográficas de buena calidad en espesores superiores a los 19 mm pueden usarse pantallas reforzadoras de plomo o pantallas salinas.

2. Indicadores de calidad de imagen

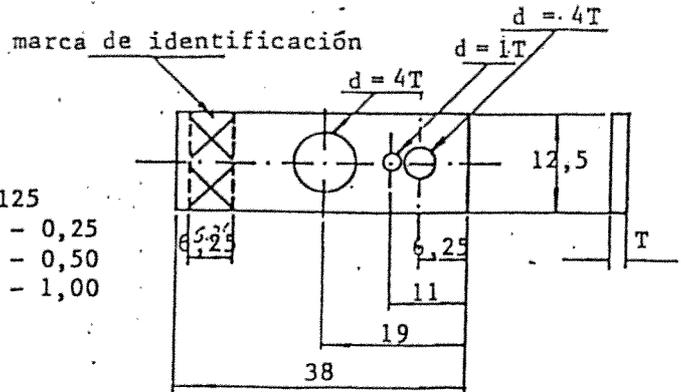
Los indicadores de calidad de imagen podrán ser de alambre o de orificios debiéndose fijar en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias cuál debe usarse. Los indicadores de calidad de imagen de orificios tendrán un espesor igual o menor que el 2% del espesor de la más delgada de las partes a unir, pero no necesita ser menor que 0,125 mm.

La descripción de este tipo de indicadores se encuentra en la figura A.25. y en la tabla A.13. y la elección del indicador en las tablas A.14. a A.17.

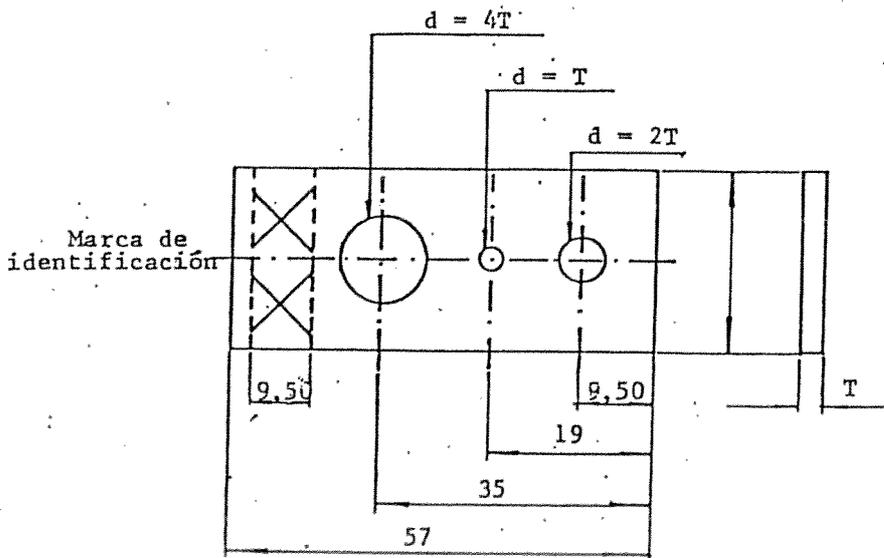
Los indicadores de calidad de imagen de alambres deben ser los indicados como tipo A en la Norma IRAM 759 y se utilizan preferentemente para los espesores más finos (ver las tablas A.18 y A.19).

Los alambres del indicador de calidad de imagen que cruzan el cordón, deben ser vistos sobre el cordón de soldadura para definir cual es el alambre visible (ver la Norma IRAM 759). Las radiografías deben ser tomadas con una única fuente de radiación y la distancia entre la película y la fuente no debe ser menor de 7 veces el espesor de la más gruesa de las partes a unir. La película debe estar lo más cerca posible de la soldadura expuesta a la radiación y bien adherida a la chapa del lado opuesto de la fuente y con cualquier medio que no perturbe la lectura posterior.

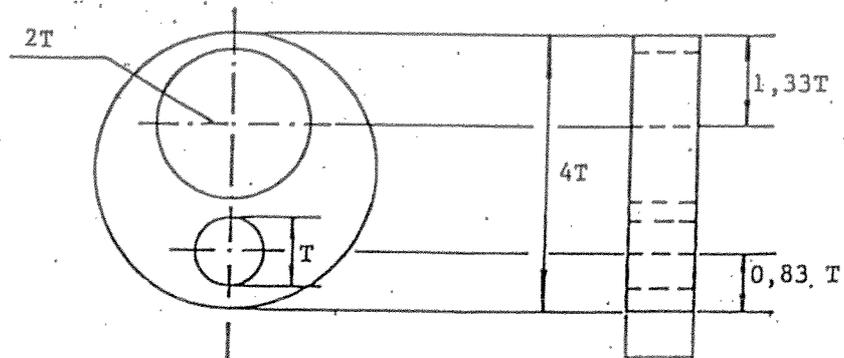
Espesor mínimo indicado: 0,125
 ϕ mínimo para el taladro 1T - 0,25
 ϕ mínimo para el taladro 2T - 0,50
 ϕ mínimo para el taladro 4T - 1,00



Indicadores de 0,125 a 1,25 mm , de espesor
 Para los indicadores de 0,125 a 0,50 ver tabla 5b
 Entre 0,30 a 0,50 mm los incrementos son de 0,0625 mm
 Entre 0,50 a 1,25 mm los incrementos son de 0,0125 mm



Indicadores de 1,50 a 4,00 mm



Indicadores de 4,00 mm y superiores
 Los incrementos son de 0,50 mm

Nota: Tolerancias para el espesor y diámetro de los taladros serán de $\pm 10\%$ o 0,5 de los incrementos de espesor tomando de éstos dos valores el que sea menor.

Tabla A.13. Marcas de identificación, espesores y diámetro de los taladros de los indicadores de orificios.

Indicador		Diámetro del taladro mm		
Identificación	Espesor (mm)	1T	2T	4T
5	0,125	0,250	0,500	1,000
7	0,178	0,250	0,500	1,000
10	0,250	0,250	0,500	1,000
12	0,300	0,300	0,600	1,200
15	0,380	0,380	0,760	1,520
17	0,432	0,432	0,864	1,728
20	0,500	0,500	1,000	2,000
25	0,625	0,625	1,250	2,500
30	0,750	0,750	1,500	3,000
35	0,890	0,890	1,780	3,560
40	1,000	1,000	2,000	4,000
45	1,143	1,143	2,286	4,572
50	1,250	1,250	2,500	5,000
60	1,500	1,500	3,000	6,000
80	2,000	2,000	4,000	8,000
100	2,500	2,500	5,000	10,000
120	3,000	3,000	6,000	12,000
160	4,000	4,000	8,000	16,000
200	5,000	5,000	10,000	20,000

Tabla A.14. Elección del indicador en función del espesor a radiografiar y situación del indicador. Taladro fundamental en la técnica radiográfica sobre una sola pared.

Espesor nominal - Una sola pared. Espesor a radiografiar comprendido entre mm	I.C.I.			
	Lado fuente		Lado película	
	Designación	d Taladro fundamental	Designación	d Taladro fundamental
a 6,35	10	4T	7	4T
6,35 a 9,525	12	4T	10	4T
9,525 a 12,7	15	4T	12	4T
12,7 a 15,875	15	4T	12	4T
15,875 a 19,05	17	4T	15	4T
19,05 a 22,225	20	4T	17	4T
22,225 a 25,4	20	4T	17	4T
25,4 a 31,75	25	4T	20	4T
31,75 a 38,10	30	2T	25	2T
38,10 a 50,80	35	2T	30	2T
50,80 a 63,50	40	2T	35	2T
63,50 a 76,20	45	2T	40	2T
76,20 a 101,60	50	2T	45	2T
101,60 a 152,40	60	2T	50	2T
152,40 a 203,20	80	2T	60	2T
203,20 a 254,00	100	2T	80	2T
254,00 a 304,80	120	2T	100	2T
304,80 a 406,40	160	2T	120	2T
406,40 a 508,00	200	2T	160	2T

Tabla A.15. Elección del indicador en función del espesor a radiografiar y situación del indicador. Taladro fundamental en la técnica radiográfica con interpretación sobre doble pared.

Espesor nominal—Una sola pared Espesor a radiografía comprendido entre:	Indicador de calidad de imagen	
	Indicador del lado de la fuente o de la película	
mm	Designación	d Taladro fundamental
a 9,525	10	4T
9,525 a 15,875	12	4T
15,875 a 22,225	15	4T
22,225 a 25,40	17	4T
25,40 a 38,10	25	2T
38,10 a 50,80	30	2T
50,80 a 63,50	35	2T
63,50 a 76,20	40	2T
76,20 a 101,60	45	2T
101,60 a 152,40	50	2T

Tabla A.16. Categoría de las radiografías

Categoría	Esesor del indicador en I	Diámetro de taladro que ha de ser visible	Sensibilidad equivalente I
Normal	2-1T	1T	1,4
	2-2T	2T	2,0
	2-4T	4T	2,8
Especial	1-1T	1T	0,7
	1-2T	1T	1,0
	4-2T	4T	4,0

t= Espesor a radiografiar

Tabla A.17. Indicador a utilizar según los niveles

Indicador		Espesor mínimo del objeto		
		Categoría 2-1T, 2-2T, 2-4T	Categoría 1-1T, 1-2T	Categoría 4-2T
Número	Espesor	mm	mm	mm
5	0,125	6,35	12,70	3,18
6	0,152	7,94	15,87	-
8	0,200	9,53	19,05	4,76
9	0,229	11,11	22,23	-
10	0,250	12,70	25,40	6,35
11	0,275	14,29	28,57	-
12	0,300	15,87	31,75	-
20	0,500	25,40	50,80	12,70
100	2,500	127,00	254,00	63,50
150	3,750	190,50	381,00	95,25

Tabla A.18.

	Número de los alambres - Diámetro en mm.						
	1	2	3	4	5	6	7
A - Fe 1/7	3,2	2,5	2,0	1,6	1,25	1,0	0,8
A - Fe 6/12	6	7	8	9	10	11	12
	1,0	0,8	0,63	0,5	0,4	0,32	0,25
A - Fe 10/16	10	11	12	13	14	15	16
	0,40	0,32	0,25	0,20	0,16	0,125	0,10

Tabla A.19.

Espesor del material		Calidad de imagen I Debe ser visible hasta el alambre N°	Calidad de imagen II Debe ser visible hasta el alambre N°
Mayor que (mm)	Igual o menor que (mm)		
0	6	16	14
6	8	15	13
8	10	14	12
10	16	13	11
16	25	12	10
25	32	11	9
32	40	10	8
40	50	9	-
50	80	8	-
80	200	7	-
40	60	-	7
60	80	-	6
80	150	-	5
150	170	-	4
170	180	-	3
180	190	-	3
190	200	-	1

2.7.3. INSPECCION DE SOLDADURA MEDIANTE EL ENSAYO DE PROBETA DE SOLDADURA TESTIGO

1. La realización del control de soldaduras mediante el ensayo de probetas de soldadura testigo es facultad del Director de Obras. Es recomendable en los siguientes casos estructurales:

- uniones soldadas en las cuales hay posibilidad de pandeo (por compresión), o sometidos a cargas repetidas o impacto.
- uniones soldadas en elementos estructurales sometidos a condiciones extremas de temperatura en servicio.
- uniones soldadas cuyos esfuerzos de tracción sean superiores al 50% de la tensión de fluencia del material base.
- uniones soldadas longitudinales o transversales de elementos principales en estructuras de alto riesgo: puentes, columnas y cubiertas de edificios de alto factor de ocupación.

Cuando se disponga la realización del control de soldadura mediante el ensayo de probetas de soldadura testigo, éste podrá ser realizado de acuerdo con lo indicado en los artículos 2 a 6 de este anexo.

2. Confección de la muestra para la extracción de las probetas de soldadura testigo

La muestra debe estar constituida por dos chapas del mismo material base que el de la unión a inspeccionar. La posición de las dos chapas, la preparación y la ejecución de la soldadura así como los consumibles y la temperatura a emplear deben ser las mismas que las que corresponden a la soldadura real; incluyendo el tratamiento térmico de alivio de tensiones, si así hubiera sido prescripto en los procedimientos de soldadura.

Tales condiciones se logran cuando la soldadura de la muestra para la extracción de probetas de soldadura testigo se realiza inmediatamente a continuación de la soldadura real y en el mismo ámbito.

Las dimensiones de la muestra para la extracción de probetas depende de los ensayos a realizar.

3. De los ensayos a realizar

Se recomienda la realización de los siguientes ensayos de control:

- 2 ensayos de tracción según la norma IRAM IAS U 500-102.
- 2 ensayos de doblado según la norma IRAM IAS U 500-103.
- 10 ensayos a la flexión por impacto (Charpy) - según la norma IRAM IAS U 500-16 en la temperatura que corresponda al estado de servicio o se haya convenido.

4. Extracción y preparación de las probetas

Las probetas de ensayos de tracción y doblado, deben ser extraídas y preparadas siguiendo las indicaciones contenidas en el artículo 2. del anexo al artículo 2.3.

Las probetas de ensayo de impacto tendrán las dimensiones y la terminación que establece la norma IRAM IAS U 500-16. La entalla

se hará coincidir en 5 probetas con la zona de aporte y en las otras 5 en la zona del material base afectada por el calor (ver la figura A.24. del anexo al artículo 2.3.).

5. Condición para la aprobación de la unión soldada

Para la aprobación de la unión soldada se exigirá:

5.1. La resistencia a la tracción en ambas probetas deberá ser superior al 95% de la resistencia a la tracción de la chapa base. Si ambas cumplen, se aprueba la unión, si ambas no cumplen, se rechaza la unión y si una cumple y otra no, se extraerá otra probeta que será definitiva.

5.2. El alargamiento porcentual permanente del ensayo de tracción debería ser superior al 90% del alargamiento porcentual de la comprobación de la chapa base.

Las condiciones de aprobación son iguales a las del artículo 5.1. de este anexo.

5.3. El ensayo de doblado, realizado con el mismo ángulo y diámetro del mandril que el establecido para la chapa base. En ambas probetas la suma de las longitudes de las fisuras visibles a simple vista no debe superar los 3 mm.

Las condiciones de aprobación son iguales a las del artículo 5.1. de este anexo.

5.4. Los valores de resistencia de los ensayos a la flexión por impacto deben ser en promedio iguales o superiores a los de aprobación de la chapa base.

El 80% de los valores aislados debe ser superior al de los valores aislados de aprobación de la chapa base.

El cumplimiento y no cumplimiento de ambas condiciones anteriores, significará la aprobación o rechazo de la unión soldada. En el caso del cumplimiento parcial se extraerán y ensayarán 6 nuevas probetas (3 en el caso de materiales de aporte y 3 en la zona del material base afectada por el calor). Los valores de resiliencia de estos 3 ensayos reemplazarán a los dos peores y al mejor resultado de los ensayos anteriores y bajo estas condiciones el cumplimiento o no de la condición será definitiva para la aprobación o el rechazo.

6. Representatividad de la inspección realizada con cada juego de probetas de soldadura testigo

Se deberá preparar un juego de probetas de soldadura testigo cuando se haya producido un cambio de procedimientos de soldadura no previamente calificado.

Se deberá además preparar un juego de probetas de soldadura testigo cada 50 m o fracción de soldadura, aún cuando se mantengan las mismas condiciones de soldadura especificadas en el procedimiento.

CAPITULO 3. UNIONES SOLDADAS Y SU CALCULO

3.1. DIMENSIONES DE LA SOLDADURA

Las dimensiones de cálculo de las uniones soldadas están dadas por el espesor a y la longitud l .

3.1.1. Espesor de la soldadura

En las soldaduras a tope, el espesor " a " de la soldadura es el espesor de las piezas a unir, si ambas tienen el mismo espesor (ver la figura 7.a). En caso de diferir los espesores de las piezas a unir, el espesor de la soldadura " a " es igual al menor de ellos (ver la figura 7.b).

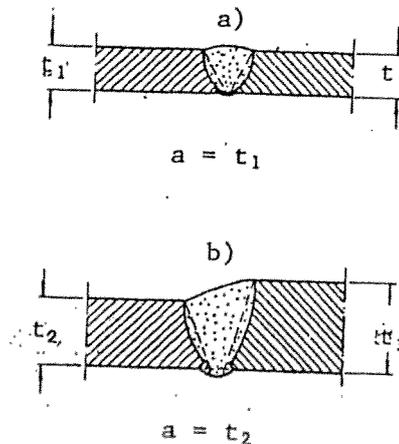


Figura 7. Soldadura a tope

En las soldaduras de filete el espesor " a " es igual a la menor altura del triángulo isósceles inscrito. El espesor de la soldadura no debe ser inferior a 3 mm, y en general, no debe ser superior a $0,70 t$ (t es el menor de los espesores de las piezas a unir medido junto a la soldadura; ver la figura 8.) Ver en el artículo 5.2.5.2. los espesores recomendables para soldaduras longitudinales de juntas de filete. En caso de aplicarse procesos de soldadura que garanticen una penetración " e " más allá de la raíz teórica, por ejemplo, procedimientos automáticos o semiautomáticos de arco sumergido o de gases protectores (dióxido de carbono, argón, gas mezcla, etc.), el espesor de cálculo de la soldadura puede adoptarse como:

$$a_p = a + \frac{e_{\min}}{2}$$

(ver la figura 9)

$$a_p = a + \frac{e_{\min}}{2}$$

(ver la figura 9)

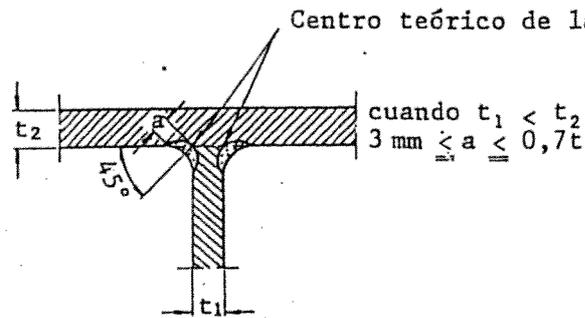


Figura 8. Soldadura de filete de ambos lados

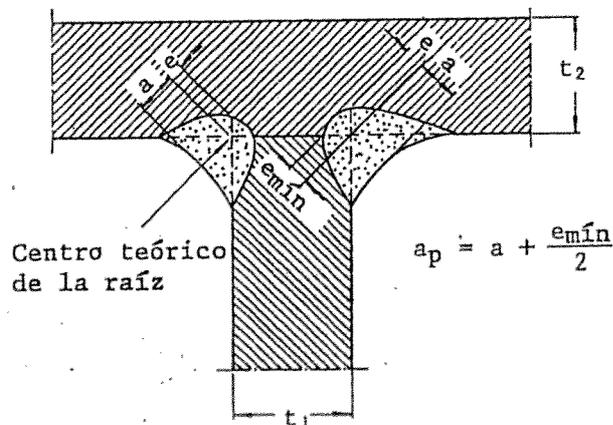


Figura 9. Soldaduras de filete con penetración profunda

La medida e_{\min} debe determinarse para cada proceso de soldadura mediante un ensayo macrográfico del proceso a usar.

En las soldaduras en ángulo con preparación en V y penetración parcial, el espesor de la soldadura es:

$$a = t_1 - c$$

(ver la figura 10)

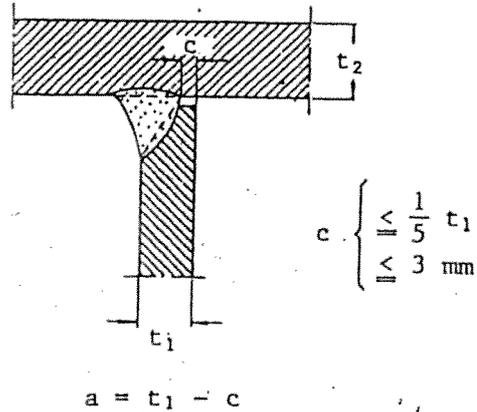


Figura 10. Soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial

En las soldaduras en ángulo con preparación en V y retoma de raíz (ver la figura 11) o de penetración total, el espesor de la soldadura es $a = t_1$, siempre que su ejecución cumpla con las condiciones del artículo 4.1.

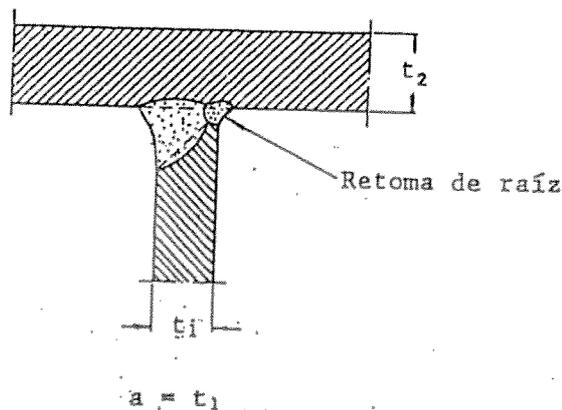


Figura 11. Soldadura en ángulo con preparación en V y retoma de raíz.

En las soldaduras en ángulo con preparación en K, con penetración parcial o total, el espesor de la soldadura es igual al espesor t_1 de la pieza empalmada (ver la figura 12 y 13).

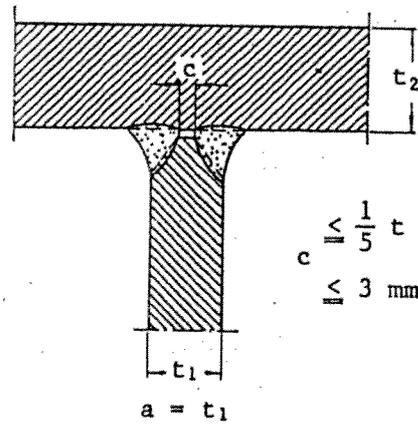


Figura 12. Soldadura en ángulo con preparación en K y penetración parcial

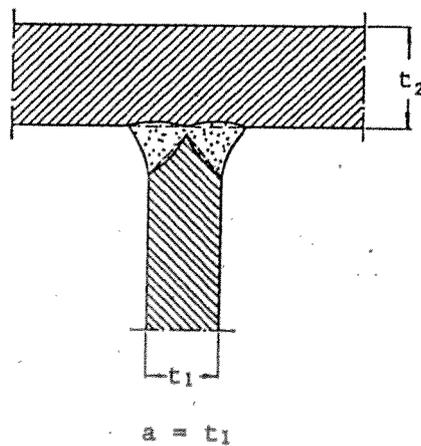


Figura 13. Soldadura en ángulo con preparación en K y penetración total

En las soldaduras en ángulo con penetración parcial se tomará como espesor el que se indica en la figura 14.

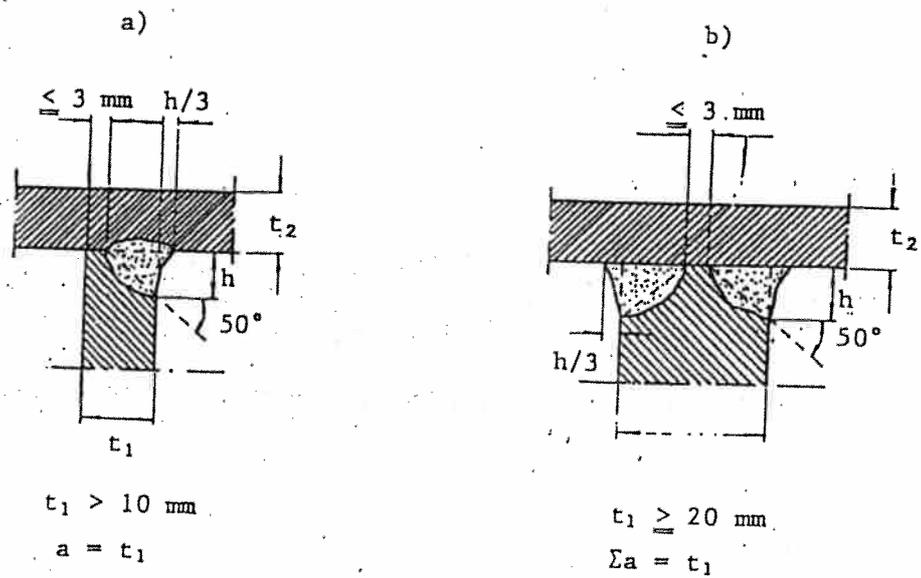


Figura 14

En la unión soldada de tres chapas se adopta para la transmisión de solicitaciones de t_2 a t_3 y siendo $t_2 < t_3$

$$a = t_2$$

y para la transmisión de la sollicitación de t_1 a t_2 y t_3 :

$$a = c \text{ (ver la figura 15)}$$

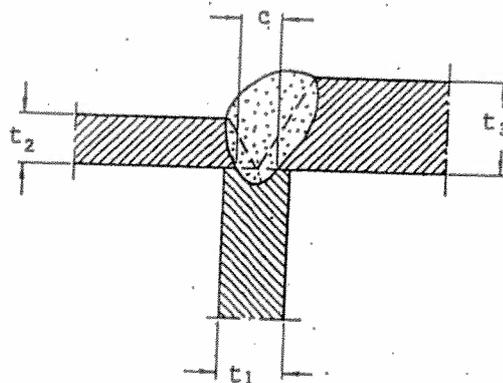


Figura 15

3.1.2. Longitud de la soldadura

La longitud de cálculo de la soldadura l es igual a la longitud total l de la soldadura.

En soldaduras a tope, cuya ejecución se realice de acuerdo con el artículo 4.1. la longitud de cálculo es igual a la longitud b de las piezas a soldar (ver la figura 16).

En uniones soldadas según las figuras 17, 18, 19 y 20 la longitud de cálculo de las distintas soldaduras de filete no puede ser mayor que $100a$ ni menor que:

- $15a$ en empalmes según la figura 17.
- $10a$ en empalmes según las figuras 18, 19 y 20.

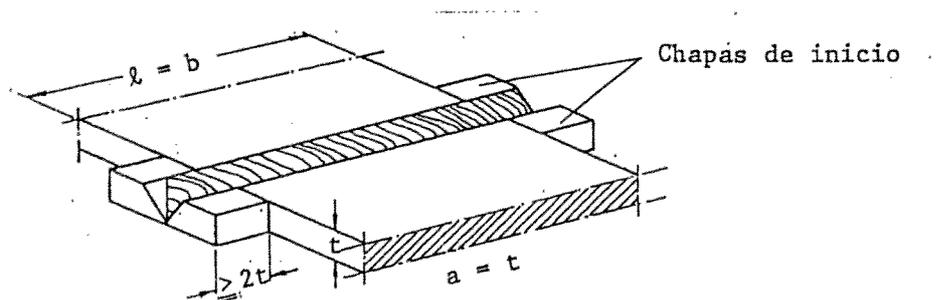


Figura 16. Soldadura a tope con chapas de inicio

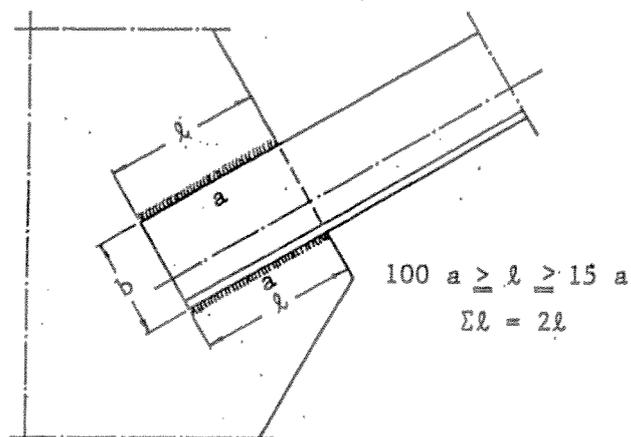
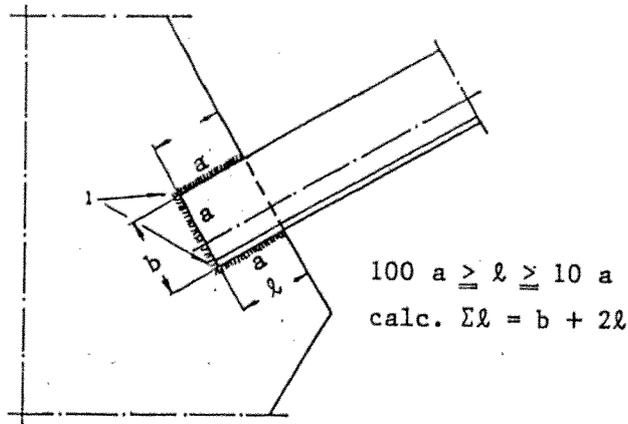


Figura 17. Empalme con soldaduras de filete en los flancos



no es admisible el cráter en el ángulo

Figura 18. Empalmes con soldaduras de filete en la cabeza y en los flancos.

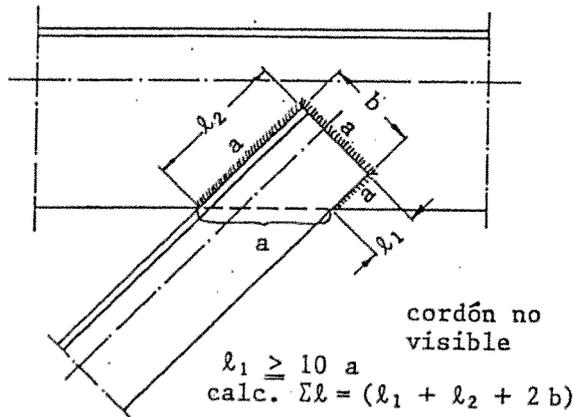


Figura 19. Empalme con soldaduras de filete en todo el perímetro

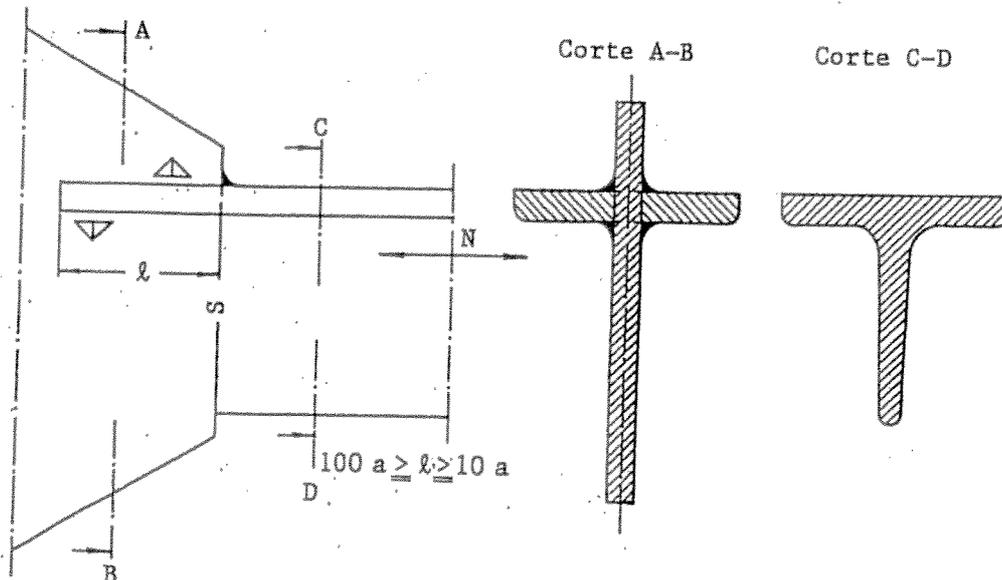


Figura 20. Unión con soldaduras de filete

En las figuras, "a" es el espesor de la soldadura.

En uniones atornilladas o remachadas de elementos soldados de sección compuesta, la longitud de cálculo de las soldaduras que deben transmitir a la unión los esfuerzos de partes de la sección no inmediatamente conectadas a la unión, debe adoptarse como máximo igual a la distancia entre la primera hilera de remaches (tornillos) y el extremo de la soldadura (ver la figura 21).

La longitud de cálculo de las uniones soldadas que recorren perimetralmente una sección, sin interrumpirse, debe adoptarse igual al perímetro de la sección.

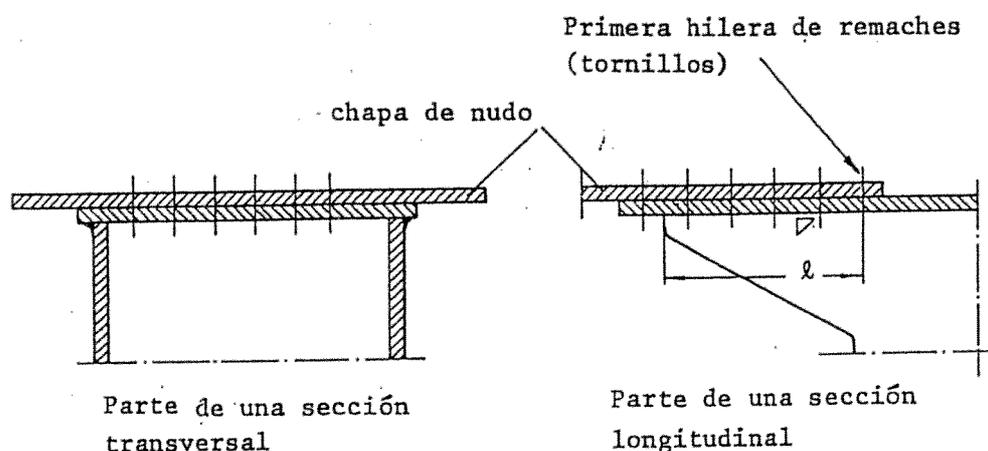


Figura 21. Longitud de la soldadura en un empalme remachado o atornillado de elementos soldados de una sección compuesta

3.1.3. Área y momento de inercia de la soldadura

El área de cálculo de la soldadura está dado en general por

$$A_s = \Sigma (a \ell)$$

El subíndice *s* que significa soldadura; puede omitirse cuando ello no puede dar lugar a confusiones).

La expresión $\Sigma (a \ell)$ abarca:

- Si se transmite un esfuerzo axial, toda la unión soldada, suponiendo rigidez uniforme en el plano de empalme.
- Si se transmite un esfuerzo de corte, sólo las soldaduras que, debido a su disposición, sean especialmente adecuadas para transmitir esfuerzos de corte; por ejemplo, en secciones I, U y semejantes, usualmente sólo las soldaduras de alma (ver las figuras 22 y 23).

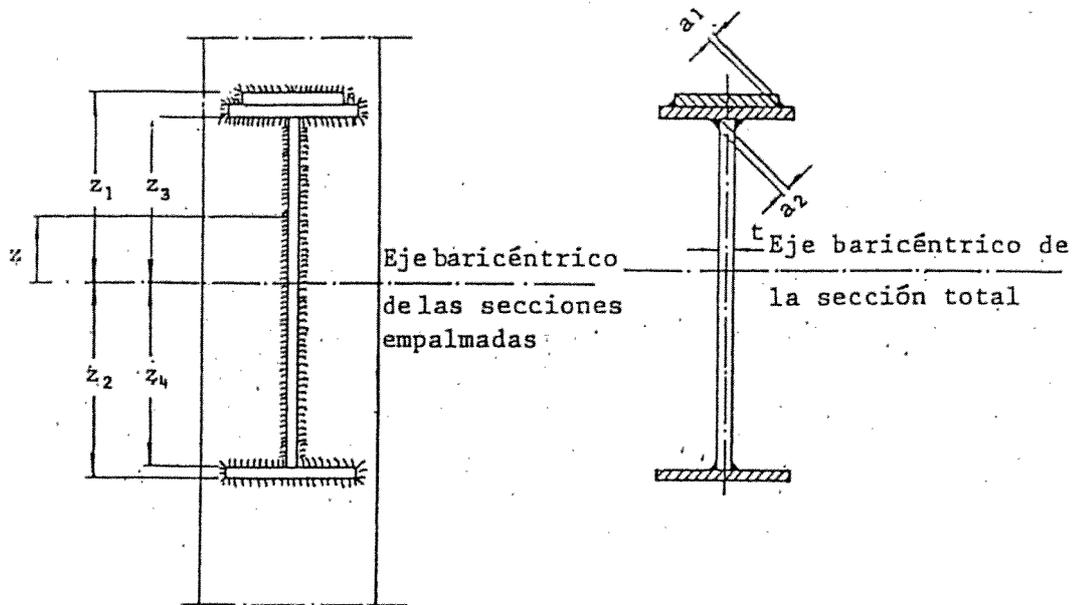


Figura 22. Unión de viga y viga soldada

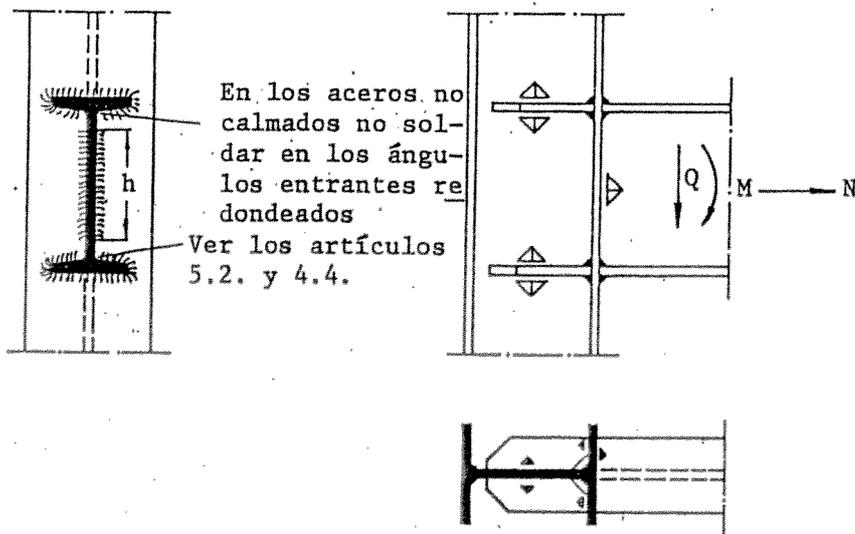


Figura 23. Unión de viga con rigidez a la flexión

Para calcular el momento de inercia de la superficie de soldadura I_s , en las soldaduras de filete, los ejes baricéntricos de las superficies de dichas soldaduras deben suponerse coincidentes con las raíces teóricas (ver la figura 22, donde z_1 , z_2 , z_3 , z_4 son las distancias a considerar en el cálculo entre las raíces de las soldaduras de las juntas de filete y el baricentro de la sección total de soldadura).

En el caso de la figura 20 el área de cálculo de la soldadura podrá tomarse según alguna de las dos formas siguientes:

$$A = A_p + A_1 \quad \text{ó} \quad A = A_p$$

siendo:

A_p el área de la soldadura perpendicular al esfuerzo N ;

A_1 el área de la soldadura longitudinal; paralela al esfuerzo N .

Ver en el artículo 4.4. las tensiones admisibles correspondientes según el caso.

3.1.4. Soldaduras cuya verificación está eximida

No es necesario realizar cálculos de verificación en los casos "a" a "d"

- a) Las soldaduras a tope en empalmes de chapa de alma.
- b) Las soldaduras a tope, las soldaduras de juntas en ángulo con:
 - preparación en V y penetración total según la figura 11.
 - preparación en K y penetración parcial según la figura 12.
 - preparación en K y penetración total según la figura 13.

Cuando están solicitadas por tensiones de compresión

- c) Las soldaduras a tope en empalmes de barras de cordón y platabandas y en rigidizadores; las soldaduras de juntas en ángulo con preparación en V y penetración total según la figura 11, de juntas en ángulo con preparación en K y penetración total según la figura 13, en conexiones, cuando están traccionados, siempre que se realice una inspección radiográfica para verificar en cada caso ausencia de fisuras, falta de fusión y defectos de raíz y con excepción de soldaduras a tope en empalme de perfiles de acero (ver el artículo 4.5.).
- d) Soldadura de juntas angulares en vigas a flexión, con preparación en V según la figura 11 o en K y penetración parcial según la figura 12 o en K y penetración total según la figura 13.

3.1.5. Soldaduras no colaborantes

Las soldaduras que no puedan ejecutarse perfectamente por ser de difícil acceso, deben suponerse como no colaborantes a los efectos del cálculo resistente.

Esto se aplica también en las juntas de filete en chapas que forman un ángulo menor que 60° y juntas en ángulo con biseles que forman también un ángulo menor que 60° con la chapa a unir, a menos que el proceso de soldadura empleado garantice una penetración hasta la raíz teórica.

Las soldaduras que sólo participan en las deformaciones de los elementos resistentes y que no transmiten esfuerzos, por ejemplo, soldaduras longitudinales de barras traccionadas o comprimidas, deben tratarse como material de base.

3.2. COLABORACION ENTRE DISTINTOS MEDIOS DE UNION

3.2.1. Hipótesis de colaboración inadmisibile

Es inadmisibile suponer que en una unión mixta, un esfuerzo es transmitido mediante la colaboración de la unión soldada y tornillos en bruto, según el artículo 8.1. del Reglamento CIRSOC 301 "Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de acero para edificios".

3.2.2. Hipótesis de colaboración admisible

Puede suponerse colaboración en la transmisión de esfuerzos.

- a) en uniones mediante soldadura y tornillos de alta resistencia (uniones antideslizantes) o remaches o tornillos calibrados en empalmes de vigas si los esfuerzos internos son transmitidos por elementos distintos de la sección independientemente por un solo medio de unión.
- b) cuando se cuenta con resultados suficientes de ensayos a rotura, incluso en el caso de uniones soldadas y tornillos de alta resistencia o remaches o tornillos calibrados en elementos solicitados axialmente.

Los ensayos a rotura son válidos en cada caso para las mismas dimensiones de la sección, tipo de junta, medios de unión y detalles constructivos.

Como esfuerzo total admisible de la unión debe adoptarse en general el 40% del esfuerzo de rotura, pero no más que la suma de los esfuerzos admisibles de cálculo correspondientes a cada uno de los medios de unión.

3.3. SOLICITACION SIMPLE

3.3.1. Esfuerzo longitudinal o transversal

La tensión normal o la tangencial en la unión soldada solicitada

por una fuerza longitudinal N o una transversal Q está dada por:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma \\ \tau \\ \tau_p \end{array} \right\} = \frac{P}{A} = \frac{P}{\Sigma (a\ell)} \quad (\text{ver la figura 24})$$

siendo:

P el esfuerzo a transmitir (esfuerzo longitudinal N , de corte Q).

Para las uniones en el capitel y la base de las columnas vale lo establecido en el artículo 7.10.3. del Reglamento CIRSOC 301.

3.3.2. Momento flexor

En una unión soldada solicitada solamente por un momento flexor M , la tensión normal σ en un punto de la unión es:

$$\sigma = \frac{M}{I_s} z$$

siendo:

z la distancia entre el punto de la unión soldada considerada y el eje baricéntrico de las superficies de unión, según se muestra en la figura 22.

I_s el momento de inercia de las superficies de soldadura calculado de acuerdo con lo explicado en el artículo 3.1.3.

3.3.3. Esfuerzo de corte en vigas

En una unión soldada solicitada por un esfuerzo de corte Q , en una viga flexada, la tensión tangencial τ_p es:

$$\tau_p = \frac{Q \cdot S}{I \cdot \Sigma a}$$

siendo:

I el momento de inercia de la sección de la viga respecto del eje neutro en la flexión simple;

S el momento estático de la parte de la sección que resbala respecto del eje neutro en la flexión simple;

Σa la suma de los espesores de los cordones que impiden el resbalamiento en el nivel considerado.

En empalmes de vigas es suficiente calcular la tensión tangencial con la fórmula indicada en el artículo 3.3.1. (ver el artículo 3.1.3.b).

3.3.4. Momento torsor

Para una unión soldada solicitada únicamente por un momento torsor deben determinarse las tensiones tangenciales y también, en caso de ser necesario, las tensiones normales.

3.3.5. Notación empleada para las tensiones en las soldaduras de filete

- σ tensión normal perpendicular a la sección longitudinal (1, 2', 3', 4 en la figura 24)
- τ tensión tangencial en la sección longitudinal (1, 2', 3', 4 en la figura 24) perpendicular a la dirección longitudinal de la soldadura.
- σ_p tensión normal actuante en la sección transversal de la soldadura (1, 5, 6 en la figura 24)
- τ_p tensión tangencial actuante en la sección longitudinal (1, 2', 3', 4 en la figura 24) cuya dirección es la longitudinal de la soldadura.

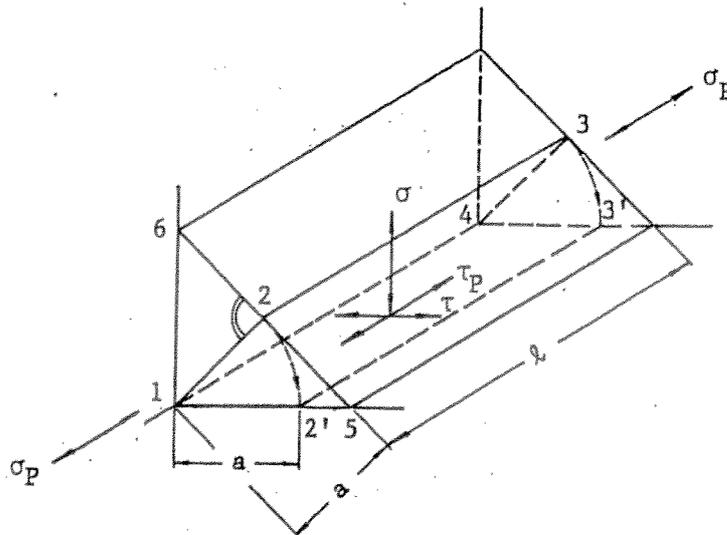


Figura 24. Soldadura de filete idealizada, posibles direcciones de tensiones en el corte longitudinal 1, 2', 3', 4 y en la sección de corte 1-5-6 perpendicular.

3.4. SOLICITACIONES COMBINADAS

3.4.1. Tensión de comparación para soldadura de filete o soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial según la figura 10

Si en una soldadura de filete o en una soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial actúan simultáneamente tensiones σ , τ y τ_p (ver la figura 24), la tensión de comparación σ_v debe calcularse como:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2 + \tau_p^2}$$

salvo en los casos indicados en el artículo 3.4.2.

En la fórmula no se toma en cuenta la tensión normal σ_p .

3.4.2. Casos en que puede prescindirse de verificar el valor de la tensión de comparación en soldaduras de filete y en ángulo con preparación en V y penetración parcial

No es necesario calcular la tensión de comparación para soldaduras de filete y soldaduras en ángulo con preparación en V y penetración parcial en los siguientes casos:

- a) soldaduras de filete sin tensiones σ y τ , según la figura 24;
- b) soldaduras de filete laterales entre platabandas;
- c) uniones soldadas, por ejemplo las de la figura 23, solicitadas a esfuerzos normales, flexión y corte, cuando se verifica que el máximo momento flexor es resistido por la soldadura de las alas, el máximo esfuerzo de corte por las soldaduras del alma y el esfuerzo normal por todas las soldaduras de acuerdo con el artículo 3.3.1.
- d) tensiones σ y $\sqrt{\tau^2 + \tau_p^2}$ que no exceden uno de los valores límites indicados en los renglones 2 ó 3 de la tabla 1.

Tabla 1. Valores limites para tensiones en N/mm².

1	Tensiones	Tipo de acero					
		F20	F22	F24	F26	F30	F36
2	σ y $\sqrt{\tau^2 + \tau_p^2}$ independientemente	87	91	95	99	108	120
3	$\sigma + \sqrt{\tau^2 + \tau_p^2}$	123	129	135	141	153	170

3.4.3. Casos en que puede prescindirse de verificar el valor de la tensión de comparación para otros tipos de soldaduras

Caso de soldaduras a tope, soldadura en ángulo con preparación en V y penetración total según la figura 11, soldadura en ángulo con preparación en K y penetración parcial según la figura 12 y soldadura en ángulo con preparación en K y penetración total según la figura 13. no es necesario determinar el valor de la tensión de comparación, aunque no pertenezcan al conjunto especificado en el artículo 3.1.4.

3.4.4. Verificación de la tensión de comparación para soldadura de filete y soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial

La tensión de comparación debe verificarse, por ejemplo:

- a) En las uniones con rigidez a flexión de vigas, con las fórmulas de los artículos 3.3.1., 3.3.2 y 3.3.3. para los valores de

- $\sigma_{\text{máx}}$ y el correspondiente τ y

- $\tau_{\text{máx}}$ y el correspondiente σ

a menos que se trate del caso considerado en el artículo 3.4.2.c.

- b) En uniones a tope de chapas de nudo con cordones de vigas de reticulado.

CAPITULO 4. TENSIONES ADMISIBLES EN LAS SOLDADURAS

4.1. EJECUCION DE LAS UNIONES SOLDADAS

Al ejecutar las uniones soldadas deben respetarse las condiciones enunciadas en los artículos 4.1.1. y 4.1.2.

4.1.1. En soldaduras a tope, en ángulo con preparación en V y penetración total (según la figura 11) y en ángulo con preparación en K y penetración total (según la figura 13), deben cumplirse las siguientes condiciones:

- a) Perfecta soldadura de la raíz: para garantizar una perfecta unión soldada, se debe retomar la raíz. En el caso de soldar de un solo lado debe asegurarse una correcta penetración total por medios adecuados.
- b) Ejecución libre de cráteres de los extremos de las soldaduras a tope mediante chapas de inicio (según la figura 16) o mediante medidas apropiadas
- c) Transiciones suaves entre la soldadura y la chapa, sin socavaciones.
- d) Ausencia de fisuras, defectos de raíz, falta de fusión e inclusiones, excepto inclusiones y poros aislados insignificantes. (ver además los artículos 2.6. y 2.7.2.3.).

En caso de aplicar las tensiones admisibles correspondientes al renglón 4 de la tabla 2 deberá verificarse según lo especificado en el artículo 4.3.

4.1.2. En soldaduras de filete, soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial (según la figura 10) y soldaduras en ángulo con preparación en K y penetración parcial (según la figura 12), deben cumplirse las siguientes condiciones:

- a) Penetración suficiente: en soldaduras de filete el cordón debe llegar por lo menos hasta 0,5 mm de la raíz teórica, debiendo ser el espesor de la soldadura real por lo menos igual al espesor de cálculo. En caso de soldaduras en ángulo con una sollicitación perpendicular a la dirección de la soldadura la penetración debe ser con certeza por lo menos hasta la raíz teórica.
- b) Que las soldaduras tengan las dimensiones indicadas.

- c) Libre de cráteres y socavaciones.
- d) Ausencia de fisuras; deberá comprobarse, en general, mediante una lupa y en casos especiales por examen magnético.

4.2. Si se cumplen las condiciones de ejecución establecidas en el artículo 4.1., las tensiones admisibles de las soldaduras son iguales a $\alpha \sigma_{adm}$, siendo σ_{adm} la tensión admisible del acero (material base) calculada de acuerdo con lo establecido en el Reglamento CIRSOC 301 y α un coeficiente menor o igual a 1 que se obtiene de la Tabla 2.

4.3. Para poder aplicar las tensiones del reglón 4 de la tabla 2, es necesario realizar la verificación de ausencias de fisuras, defectos de raíz y falta de fusión (ver el artículo 2.7.2.3.).

Esta verificación se considera satisfactoria cuando se examinan totalmente la soldadura con rayos x, eventualmente apoyo de ultrasonido y, si es necesario, se las repara, o cuando al examinar con rayos por lo menos el 10% (debiéndose abarcar por partes iguales los trabajos de todos los soldadores intervinientes), se obtenga en todos los casos una calidad de soldadura correspondiente a la calidad "negra o azul" del Instituto Internacional de Soldadura o a la especificada en el artículo 2.7.2.3.2.

4.4. En el caso de la figura 20 en que se considere la colaboración de las soldaduras de filete longitudinal y las perpendiculares al esfuerzo son válidas las tensiones admisibles deducidas del reglón 6 de la tabla 2.

Si de acuerdo con el artículo 3.1.3., sólo se toma en cuenta el área A_p de soldadura de filete, son válidas las tensiones que se obtienen en los renglones 3, 4 y 5 de la Tabla 2.

4.5. Si la calidad del acero de los perfiles a soldar a tope cumple las condiciones del segundo párrafo del artículo 5.2.1., las tensiones admisibles para las soldaduras solicitadas a tracción o tracción por flexión se obtienen del renglón 5 de la tabla 2.

Si esas condiciones no se cumplen (ver tercer párrafo del artículo 5.2.1.), las tensiones admisibles para las soldaduras solicitadas a tracción o tracción por flexión son iguales a la mitad de las que resultan del renglón 4 de la tabla 2.

Tabla 2. Valores del coeficiente α para el cálculo de las tensiones admisibles de las soldaduras

1	2	3	4	5	6
2	Tipo de soldadura	calidad de la soldadura	tipo de tensión	Tipo de acero	
				F-20	
				F-22	F-30
				F-24	F-36
				F-26	
3	Soldadura a tope, soldadura en ángulo con preparación en K y penetración total según la figura 13	Cualquiera	compresión y compresión por flexión	1	1
4	Soldadura en ángulo con preparación en K y penetración parcial según la figura 12†	con verificación de la ausencia de fisuras, defectos de raíz y falta de fusión	Tracción y tracción por flexión perpendicularmente a la dirección de la soldadura	1	1
5	Soldadura en ángulo con preparación en V y retoma de raíz según la figura 11.	no verificada		0,83	0,7
6	Soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial según la figura 10. Soldadura de filete.	Cualquiera	Compresión y compresión por flexión. Tracción y tracción por flexión Tensión de comparación.	0,83	0,7
7	Todas las soldaduras		corte	0,83	0,7

Ver también los artículos 4.4. y 4.5.
 (†) El renglón 4 no puede aplicarse debido a la hendidura de la raíz.

CAPITULO 5. DISPOSICIONES SOBRE DISEÑO Y CONSTRUCCION

5.1. PRINCIPIOS GENERALES

5.1.1. Los elementos de la construcción deben ser diseñados de modo tal que la transmisión de las fuerzas se realice, en lo posible, en forma directa y simple. Deben evitarse los cambios de sección desfavorables así como grandes hendiduras y agujeros.

5.1.2. Los elementos de la construcción deben ser diseñados de modo que resulten aptos para ser soldados. Deben evitarse las concentraciones de uniones soldadas en un mismo lugar.

5.1.3. En general, todas las soldaduras deben ser accesibles con comodidad permanentemente, lo que, por lo menos, deberá garantizarse durante su ejecución.

5.2. DETALLES CONSTRUCTIVOS

5.2.1. Empalmes a tope de perfiles o barras

Deben evitarse en lo posible los empalmes a tope solicitados a tracción o a tracción por flexión en perfiles I, U, Z, T y L.

Si excepcionalmente deben ejecutarse tales empalmes a tope, deben observarse las recomendaciones que figuran en el anexo al artículo 1.5.1. "Aceros a emplear en construcciones soldadas".

Si la calidad del acero empleado no responde a las anteriores condiciones rigen las tensiones admisibles a tracción o tracción por flexión establecidas en un segundo párrafo del artículo 4.5.

Los perfiles deben emplearse preferentemente en dirección perpendicular al eje longitudinal. La preparación de la soldadura debe realizarse cuidadosamente.

Se recomienda examinar mediante rayos las soldaduras que se encuentran en una zona traccionada.

5.2.2. Espesor mínimo para el caso de uniones de soldadura contrapuestas, según la figura 25, debe adoptarse

$$t \geq 6 \text{ mm}$$

Esta exigencia no se aplica al elemento entre las soldaduras de filete según la figura 20.

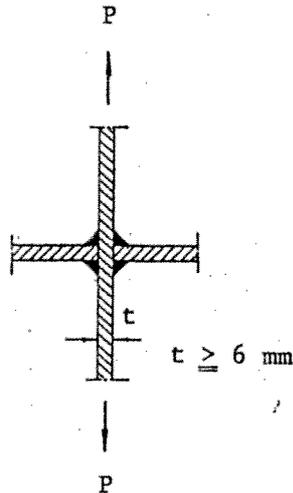


Figura 25. soldadura contrapuesta

5.2.3. Solicitación a tracción en la dirección del espesor del material

Deben evitarse los elementos soldados solicitados a tracción o tracción por flexión en la dirección del espesor. En caso contrario, debe verificarse que sea suficiente la resistencia en la dirección del espesor (ver el anexo al artículo 1.5.1.).

5.2.4. Platabandas

5.2.4.1. Por el peligro de rotura frágil, las platabandas unidas directamente a la chapa de alma no deben tener un espesor mayor que 30 mm, y las adicionales no deben tener un espesor mayor que 50 mm.

5.2.4.2. Cada platabanda adicional debe prolongarse en una longitud por lo menos igual a la mitad de su ancho más allá de su extremo teórico. Los extremos se terminarán de acuerdo con la figura 26. En sus caras frontales deben soldarse por lo menos con soldaduras de filete isósceles con $a = 0,5 t$.

5.2.4.3. Los empalmes de platabandas deben ser perpendiculares a la dirección longitudinal de las mismas.

5.2.4.4. Si el espesor de platabandas o chapas de alma cambia en el empalme, las aristas sobresalientes en más de 10 mm deben ser achaflanadas con una inclinación 1:1 o menor para lograr una mejor transición (ver la figura 27).

Las diferencias de espesores menores que 10 mm pueden compensarse en la soldadura.

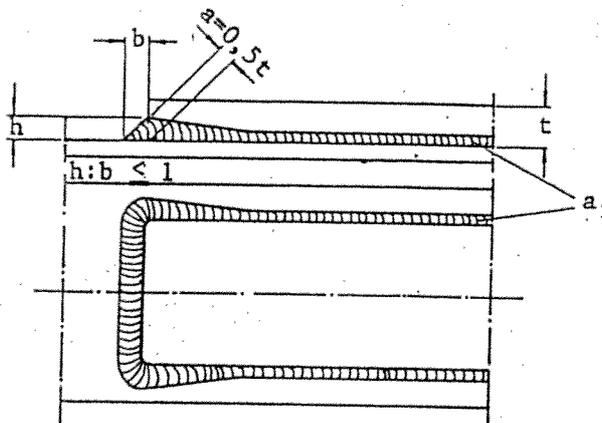


Figura 26. Conformación de la soldadura en los extremos de las platabandas

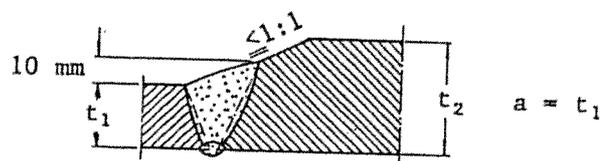


Figura 27. Empalme a tope de elementos de distinto espesor

5.2.4.5. Los empalmes de platabandas superpuestas deben soldarse, en lo posible, por separado antes del montaje. Los empalmes pueden quedar separados (ver la figura 28) o superpuestos.

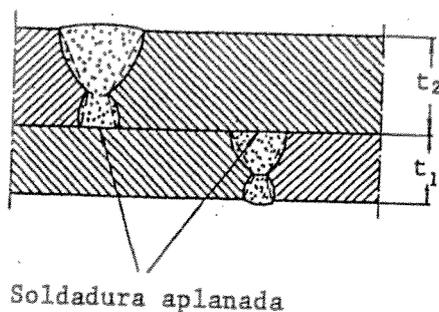
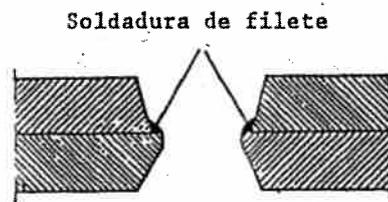


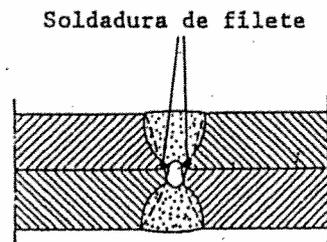
Figura 28. Empalmes a tope separados en platabandas superpuestas

5.2.4.6. En caso de tener que empalmar platabandas superpuestas conjuntamente éstas deben soldarse frontalmente entre sí antes de ejecutar la soldadura a tope, de tal modo que los cordones frontales no desaparezcan (ver las figuras 29 a y 29 b).

Etapa a) superposición de chapas

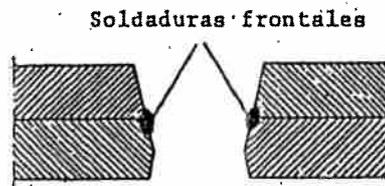


Etapa b) soldadura a tope

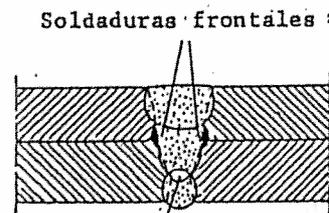


a

Etapa a) superposición de chapas



Etapa b) soldadura a tope



repelar y retomar la raíz

b

Figura 29. Empalme a tope, conjunto de platabandas superpuestas (posibilidades de ejecución)

5.2.5. Uniones soldadas

5.2.5.1. En estructuras a la intemperie o en caso de aquellas expuestas al peligro de corrosión, las uniones soldadas discontinuas deben ejecutarse sólo como soldaduras de filete cerradas perimetrales según la figura 30.

5.2.5.2. En general, las soldaduras de filete laterales deben ejecutarse isósceles y de espesor no superior al calculado. Por razones de la técnica, se recomienda un espesor de la soldadura (en mm).

$$a \geq \left. \begin{array}{l} \sqrt{t} - 0,5 \\ 3 \end{array} \right\}$$

siendo:

t el espesor mayor de los elementos a unir (en mm).

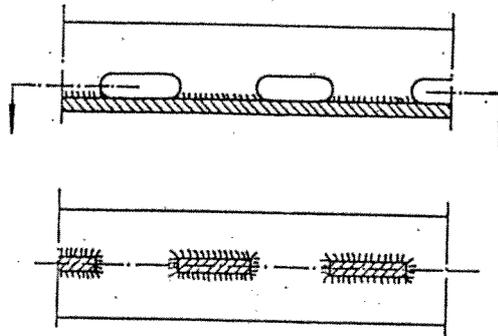


Figura 30. Uniones soldadas perimetrales cerradas

5.2.5.3. Deben evitarse las soldaduras en los ángulos entrantes de los perfiles laminados, salvo en las secciones extremas de barras, debido a la existencia de tensiones iniciales originadas en el proceso de laminado. En aceros no calmados son inadmisibles incluso en las secciones extremas (ver la figura 23), con excepción de los empalmes con placas de capitel o de base solicitadas solamente a compresión.

5.3. SOLDADURA EN ZONAS DEFORMADAS EN FRÍO

Sólo puede soldarse en zonas de elementos constructivos deformados en frío incluyendo las superficies adyacentes de ancho $5t$, cuando, además de respetar las recomendaciones del anexo al artículo 1.5.1. "Aceros a emplear en construcciones soldadas" también se cumplen las condiciones de la tabla 4 dependientes de la relación r/t (radio interior de doblado/ espesor de la chapa), o del correspondiente alargamiento específico ϵ .

Tabla 4. Condiciones para la soldadura en zonas deformadas en frío.

r/t	ϵ_{max} en %	t_{adm} en mm	Clase de Acero
≥ 25	< 2	todos	todos
≥ 10	< 5	≤ 16	
		> 16	II*) ó III*)
$\geq 3,0$	≤ 14	≤ 12	II*) ó III*)
$\geq 1,5$	≤ 25	≤ 8	

*) Normalizado posterior a la deformación en frío, pero antes de soldar.

5.4. TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO.

Las temperaturas de precalentamiento mínimas dependerán del espesor del material más grueso que intervenga en la junta soldada, de la designación IRAM-IAS del acero y del proceso de soldadura, según se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Temperaturas de precalentamiento mínimas (° C)

Espesor del material t, en mm						
Tipo de acero	t ≤ 7	7 < t ≤ 12,5	12,5 < t ≤ 25	25 < t ≤ 50	t > 50	
F20 F22	ambiente	ambiente	100' (2)	150 (2)	20	
F24 F26	(1)	(1)	(75)	(100)		
F30 F36	ambiente (1)	75	100	150	200	

(1) Si la temperatura ambiente es menor o igual que 0°C se debe precalentar a + 20° C.

(2) Los valores entre paréntesis corresponden si se usan electrodos revestidos básicos, o soldadura por arco sumergido.

Se podrán establecer temperaturas menores de precalentamiento en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias cuando de los ensayos de dureza realizados en la zona afectada por el calor se obtengan durezas no mayores que 350 Hv. A tal efecto sólo se tomarán como válidos, los ensayos efectuados dentro de la calificación de los procedimientos de soldadura.

Impreso en Abril de 1995
en el Departamento de Ediciones del INTI, Av. General Paz entre
Albarellos y Av. de los Constituyentes, Miguelete,
Provincia de Buenos Aires

Edición de 1.000 ejemplares

