

MINISTERIO DE LA VIVIENDA

DECRETO 1851/1967, de 3 de junio, por el que se establece la norma MV 104-1966, sobre «Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación».

La labor de normalización emprendida por la Comisión de expertos constituida en el seno del Ministerio de la Vivienda e iniciada con la norma MV ciento uno-mil novecientos sesenta y dos, «Acciones en la edificación», se ha revelado extremadamente beneficiosa en la práctica al dotar al sector de la construcción de unas reglamentaciones de alto nivel técnico que garantizan la seguridad de las obras a la vez que facilitan la normalización de proyectos y la producción de materiales de acuerdo con las precisiones en ellas contenidas. La misma Comisión ha elaborado, en la línea de sus antecesores, la Norma relativa a la «Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación», cuyo proyecto ha sido sometido a informe de los organismos científicos y técnicos más cualificados, tanto públicos como privados, los cuales se han pronunciado unánimemente en favor de su aprobación inmediata.

En su virtud, a propuesta del Ministro de la Vivienda y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día veintiséis de mayo de mil novecientos sesenta y siete,

DISPONGO:

Artículo primero.—Se aprueba la Norma MV ciento cuatro-mil novecientos sesenta y seis, «Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación», que se publicará como anexo del presente Decreto en el «Boletín Oficial del Estado».

Artículo segundo.—La Norma MV ciento cuatro-mil novecientos sesenta y seis será de obligatoria observancia en todos los proyectos de edificación pública o privada que utilicen estructuras de acero laminado con fecha posterior a uno de octubre de mil novecientos sesenta y siete.

Artículo tercero.—Quedan derogadas las disposiciones que se opongán a lo dispuesto en el presente Decreto y los preceptos contradictorios con la Norma MV ciento cuatro-mil novecientos sesenta y seis, y facultado el Ministerio de la Vivienda para dictar las disposiciones convenientes para el mejor cumplimiento de la misma.

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en Madrid a tres de junio de mil novecientos sesenta y siete.

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Vivienda,
JOSE MARIA MARTINEZ SANCHEZ-ARJONA

Norma MV 104-1966

EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO LAMINADO EN EDIFICACION

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. AMBITO DE APLICACIÓN.—La norma MV 104-1966 se aplicará en la ejecución en taller, y montaje en obra, de la estructura, o elementos estructurales, de acero laminado, de toda edificación, cualquiera que sea su clase y destino.

El director de obra puede, bajo su personal responsabilidad, autorizar por escrito el empleo de métodos de ejecución no expresamente indicados en la Norma, si los considera suficientemente sancionados por la experiencia.

1.2. CONSTRUCTOR.—Se denomina constructor en esta norma a la empresa industrial que ejecuta en taller, y/o monta en obra, elementos estructurales de acero laminado, contratando directamente con la entidad propietaria, o subcontratando con un contratista. A todo constructor, según su clase, se le exigirá reúna los requisitos que prescribe la legislación, especialmente las condiciones establecidas por el Ministerio de Industria.

1.3. DATOS DE PROYECTO.—En el proyecto de toda edificación que tenga estructura o elementos estructurales de acero laminado figurarán los planos y las especificaciones precisas para que queden definidas las clases de acero, los perfiles empleados, las disposiciones de armado, las uniones, etc.; y las indicaciones precisas del plan de montaje; para que con todo ello, el constructor pueda realizar los planos de taller según el artículo 4.1, el programa de montaje, según el artículo 5.1, y, en caso de uniones soldadas, la memoria de soldeo, según el artículo 3.11.

En las uniones, se distinguirá su clase, que puede ser:

Unión de fuerza, la que tiene por misión transmitir entre perfiles o piezas de la estructura un esfuerzo calculado;
Unión de atado, cuya misión es solamente mantener en posición perfiles de una pieza y no transmite un esfuerzo calculado.

En el proyecto vendrá indicado si la estructura estará sometida a cargas dinámicas, para que en la ejecución se tengan en cuenta las prescripciones especiales que se requieren.

1.4. PRODUCTOS LAMINADOS UTILIZABLES.—En la ejecución de estructuras o elementos estructurales de edificación se emplearán productos laminados que cumplan lo que prescribe la norma MV 102-1964, «Acero laminado para estructuras de edificación».

1.5. APLICACIÓN DE LA NORMA EN LOS TALLERES.—El Jefe del taller del constructor está obligado a conocer y cumplir la norma, y a que el personal a sus órdenes conozca y cumpla la parte que le afecte.

El Arquitecto, o en los casos previstos en la legislación, el técnico director de la obra, puede, siempre que lo desee, directamente o por delegación, comprobar en el taller el cumplimiento de la norma.

1.6. APLICACIÓN DE LA NORMA EN LAS OBRAS.—El Jefe de montaje del constructor está obligado a conocer y a cumplir la norma en la obra, y a que el personal a sus órdenes conozca y cumpla la parte que le afecte. El Arquitecto, o el técnico director de la obra, y el Aparejador, o el técnico ayudante, están obligados en la forma y condiciones que establece la legislación, a vigilar el cumplimiento de la norma.

CAPITULO 2. UNIONES ROBLONADAS Y ATORNILLADAS

2.1. GENERALIDADES.—Este capítulo se refiere a las uniones realizadas mediante roblones, tornillos ordinarios, tornillos calibrados, o tornillos de alta resistencia.

2.1.1. Uniones roblonadas.—Los roblones cumplirán las prescripciones de la Norma MV 105. En la ejecución de las uniones roblonadas se seguirán las prescripciones de los artículos 2.2, 2.3 y 2.4.

2.1.2. Uniones con tornillos ordinarios.—Los tornillos ordinarios cumplirán las prescripciones de la Norma MV 106. En la ejecución de las uniones con tornillos ordinarios se seguirán las prescripciones de los artículos 2.2 y 2.5.

2.1.3. Uniones con tornillos calibrados.—Los tornillos calibrados cumplirán las prescripciones de la Norma MV 106. En la ejecución de las uniones con tornillos calibrados se seguirán las prescripciones de los artículos 2.2 y 2.6.

2.1.4. Uniones con tornillos de alta resistencia.—Los tornillos de alta resistencia cumplirán las prescripciones de la Norma MV 107. En la ejecución de las uniones con tornillos de alta resistencia se seguirán las prescripciones de los artículos 2.2 y 2.7.

2.2. AGUJEROS.—La perforación de los agujeros se realizará siguiendo las prescripciones del artículo 4.6.

En cada estructura, los roblones o tornillos utilizados se procurará sean solamente de dos tipos, o como máximo tres, de diámetros bien diferenciados.

Los diámetros de los agujeros, salvo excepciones justificadas, estarán dentro de los límites de la Tabla 2.1, y se acercarán lo más posible a los valores óptimos consignados en los catálogos para cada perfil.

TABLA 2.1
LIMITACIONES PARA LOS AGUJEROS

Diámetro del agujero a mm	Espesor de cada pieza		Máxima suma de espesores de las piezas unidas mm
	Mínimo mm	Máximo mm	
11	4	10	45
13	4	12	65
15	5	14	65
17	6	16	70
19	7	18	80
21	8	20	90
23	10	24	100
25	12	28	115
28	14	36	130

Las distancias s entre los centros de agujeros de diámetro a que unan piezas, cuyo espesor mínimo es e , cumplirán las condiciones siguientes (figura 1):

Valor mínimo: para roblones	$s \geq 3 a$
para tornillos	$s \geq 3,5 a$
Valor máximo	$s \leq 8 a$
en general	$s \leq 15 e$
en uniones de armado	$s \leq 15 a$
de barras a tracción	$s \leq 25 e$

En barras de gran anchura, con más de dos filas paralelas de roblones o tornillos en dirección del esfuerzo, en las filas

interiores, el valor máximo de la distancia s' en esta dirección puede ser doble del indicado.

Las distancias t entre los centros de los agujeros y los bordes cumplirán las condiciones siguientes:

Valor mínimo al borde frontal	$t_1 \geq 2 a$
al borde lateral	$t_2 \geq 1,5 a$
Valor máximo: a cualquier borde	$t \leq 3 a$
	$t \leq 6 e$

Cuando se empleen roblones o tornillos ordinarios, la coincidencia de los agujeros se comprobará introduciendo un calibre cilíndrico, de diámetro 15 milímetros menor que el diámetro

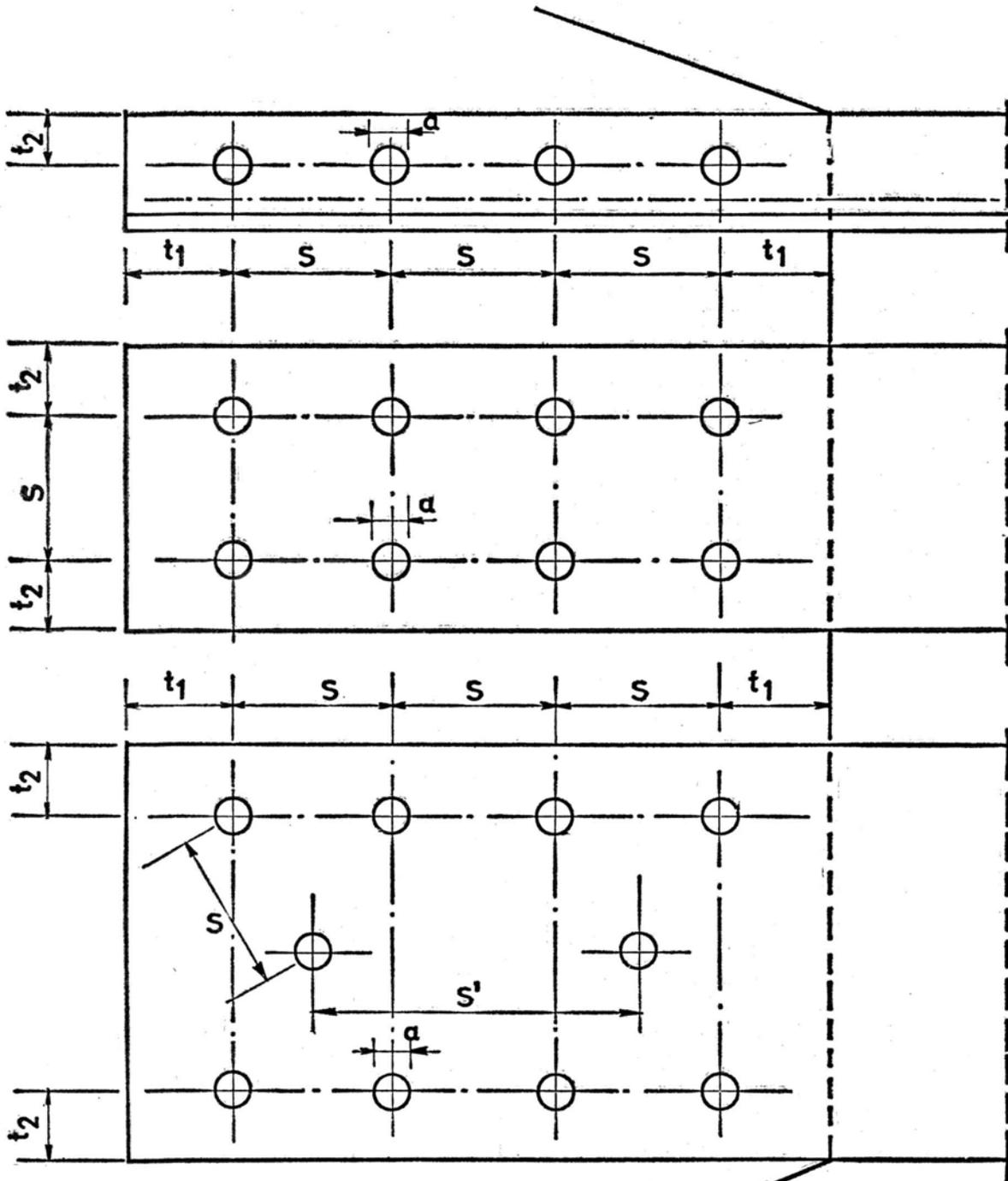


FIG.1.- SEPARACION ENTRE AGUJEROS

nominal del agujero. Si el calibre no pasa suavemente, se rectificará el agujero en la forma indicada en el artículo 4.64.

Cuando se empleen tornillos calibrados, es preceptiva la rectificación del agujero, de acuerdo con el artículo 4.66, y se comprobará que el diámetro rectificado es igual que el de la espiga del tornillo.

2.3. CALENTAMIENTO DE LOS ROBLONES.—Se recomienda calentar los roblones en horno de atmósfera reductora, en horno eléctrico, o en máquinas calentadoras por resistencia. Se permite el uso de la fragua. Se prohíbe el uso del soplete.

Se calentará uniformemente toda la longitud del roblón, salvo en las técnicas de calentamiento diferencial para roblones de gran longitud, que se definirán para cada caso previos los ensayos oportunos.

Ningún roblón permanecerá en el horno, o en la máquina, en espera de su colocación, más tiempo del necesario para alcanzar la temperatura deseada.

Al iniciar la colocación, la temperatura del roblón estará comprendida entre 1050° C (rojo naranja) y 950° C (rojo cereza claro). Al terminar de formarse la cabeza de cierre, la temperatura no será inferior a 700° C (rojo sombra).

El horno o máquina estará lo suficientemente próximo a la zona de roblonado para que no se produzca enfriamiento apreciable del roblón antes de su colocación.

No se utilizará ningún roblón calentado y dejado enfriar.

2.4. COLOCACIÓN DE LOS ROBLONES.—El roblonado se realizará de modo que las piezas de la unión queden perfectamente apretadas unas contra otras y no se produzcan curvaturas o alabeos. Todo roblón colocado rellenará completamente su agujero. Antes de colocar un roblón se eliminará de su superficie la cascarilla y la escoria si las lleva adheridas. Para ello se cumplirán las prescripciones siguientes:

2.4.1. Orden de colocación de los roblones.—Se recomienda comenzar la colocación de los roblones por el centro de la costura y continuar hacia cada extremo alternativamente. En las costuras de varias filas paralelas de roblones, la colocación se realizará simultáneamente en todas las filas.

2.4.2. Formación de la cabeza de cierre.—Se recomienda formar la cabeza de cierre con máquina roblonadora de presión uniforme. Se autoriza formarla con martillo neumático, empleando buterola, y no por golpeo directo del martillo. Se prohíbe la colocación de roblones con maza de mano.

La sufridora se utilizará siempre bien firme e inmovilizada, para evitar el mal contacto, la excentricidad o la deformación de la cabeza original del roblón.

Si por falta de espacio no puede utilizarse la herramienta adecuada, se sustituirá el roblón por un tornillo calibrado, y mejor por un tornillo de alta resistencia.

La cabeza de cierre del roblón tendrá como mínimo las dimensiones correspondientes a su diámetro, según la Norma MV 105, quedará centrada con la espiga, apoyará perfectamente en toda su superficie sobre el perfil, y no presentará grietas ni astillas.

Se eliminarán las rebabas que, eventualmente, puedan quedar alrededor de la cabeza.

No se tolerarán huellas de la estampa sobre la superficie de los perfiles.

2.4.3. Comprobación de los roblones colocados.—Después de efectuado el roblonado de una unión se dejará enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, y se revisará antes de quitar las fijaciones de armado. Cada roblón se inspeccionará ocularmente, se verificarán sus dimensiones, y se comprobará al rebote con un martillo de bola pequeño.

Todo roblón que aparezca quemado, con defectos de ejecución o dimensionales, o cuya apretura resulte dudosa al rebote, se levantará, y sin haber quitado las fijaciones de armado, se sustituirá por otro. Se prohíbe el repaso en frío de roblones que hayan quedado flojos.

2.4.4. Calafateo de las juntas.—No se permite el calafateo de los roblones, ni de las juntas más que en aquellos elementos que en su utilización tengan que ser estancos.

2.4.5. Roblones de gran longitud.—Si el espesor de la unión sobrepasa el límite máximo indicado en la Tabla 2.1, el pliego de condiciones del proyecto establecerá las prescripciones que deben seguirse en la colocación de estos roblones.

2.5. COLOCACIÓN DE LOS TORNILLOS ORDINARIOS.—Los asientos de las cabezas y tuercas estarán perfectamente planos y limpios.

Es preceptivo en las uniones de fuerza, y siempre recomendable, la colocación de arandela bajo la tuerca. Si el perfil tiene cara inclinada, se empleará arandela de espesor variable, con su cara exterior normal al eje del tornillo, para correcto apoyo de la tuerca. Esta arandela de espesor variable se colocará también bajo la cabeza del tornillo si ésta apoya sobre la cara inclinada.

En las uniones de fuerza, la longitud de la espiga no roscada, después de apretada la tuerca, será no menor que el espesor de la unión más 1 milímetro, sin alcanzar la superficie exterior de la arandela, quedando dentro de ésta al menos un filete. La parte roscada de la espiga sobresaldrá de la tuerca por lo menos en un filete.

Si por alguna circunstancia no se coloca arandela, la parte roscada de la espiga penetrará en la unión por lo menos en un filete.

Las tuercas se apretarán a fondo, preferentemente con medios mecánicos. En estructuras no desmontables, se recomienda bloquear la tuerca, empleando un sistema adecuado: punto de soldadura, matado del filete, etc. El bloqueo de la tuerca es preceptivo en estructuras solicitadas por cargas dinámicas, y en los tornillos sometidos a tracción en dirección de su eje.

2.6. COLOCACIÓN DE TORNILLOS CALIBRADOS.—Se seguirán las mismas prescripciones del artículo 2.5, siendo obligatoria en todo caso la colocación de arandela bajo la cabeza y bajo la tuerca.

2.7. COLOCACIÓN DE TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA.—Las superficies de las piezas a unir serán absolutamente planas y debe comprobarse su planeidad antes de realizar la unión. Estas superficies estarán completamente limpias y sin pintar. La grasa se eliminará con disolventes adecuados.

Para eliminar la cascarilla de laminación de estas superficies, se someterán al tratamiento de limpieza que se especifique en el proyecto: chorro de arena, recomendándose arena silícea con diámetros de grano entre 0,5 y 1 milímetro; chorro de granalla de acero; decapado por llama, etc., realizándose de acuerdo con las instrucciones del mismo.

La limpieza es muy importante, pues la transmisión de los esfuerzos entre las piezas de la unión se realiza por rozamiento.

Se colocará siempre arandela bajo la cabeza y bajo la tuerca. Esta arandela tiene bisel cónico en los bordes externo e interno de la cara en contacto con la cabeza o con la tuerca; el interno para conseguir un buen asiento, y el externo para comprobar la correcta colocación de la arandela.

La parte roscada de la espiga sobresaldrá de la tuerca por lo menos un filete, y puede penetrar dentro de la unión.

Las tuercas se apretarán mediante llaves taradas que midan el momento torsor aplicado, hasta alcanzar el valor prescrito para éste, que figurará en las instrucciones de los planos de taller. También pueden emplearse métodos de apretado en los que se midan ángulos de giro.

Los tornillos de una unión deben apretarse inicialmente al 80 por 100 del momento torsor final, empezando por los situados en el centro, y terminar de apretarse en una segunda vuelta.

CAPITULO 3. UNIONES SOLDADAS

3.1. GENERALIDADES.—Este capítulo se refiere a la ejecución de uniones soldadas realizadas con los procedimientos de soldado autorizados, según el artículo 3.11.

El armado de las piezas a unir se ejecutará siguiendo las prescripciones del artículo 4.7.

3.1.1. Procedimiento de soldado.—Los procedimientos expresamente autorizados para uniones de fuerza en estructuras de edificación son:

Procedimiento I:

Soldado eléctrico, manual, por arco descubierto, con electrodo fusible revestido.

Procedimiento II:

Soldado eléctrico, semiautomático o automático, por arco en atmósfera gaseosa con alambre-electrodo fusible.

Procedimiento III:

Soldado eléctrico, automático, por arco sumergido, con alambre-electrodo fusible desnudo.

Procedimiento IV:

Soldado eléctrico por resistencia.

Otros procedimientos no mencionados, o que pudieran desarrollarse en el futuro requerirán norma especial.

El constructor presentará, si el director de la obra lo estima necesario, una Memoria de soldado, detallando las técnicas operatorias a utilizar dentro del procedimiento o procedimientos elegidos.

3.1.2. Disposiciones de las soldaduras.—En los procedimientos I, II y III, las dos disposiciones fundamentales son:

Soldaduras a tope, con elementos en prolongación (figura 2) en T (figura 3) o en L (figura 4).

Soldaduras de ángulo, en rincón (figura 5), en solape (figura 6), en esquina (figura 7), o en ranura (figura 8).

En el procedimiento IV, las disposiciones fundamentales son:

Soldadura a tope, con elementos en prolongación, en T, o en L.

Soldadura por puntos (figura 9).

3.13. *Dimensiones de las soldaduras de ángulo.*—Las dimensiones fundamentales que determinan la resistencia de una soldadura de ángulo son: su garganta y su longitud eficaz.

Garganta a es la altura del máximo triángulo isósceles, cuyos lados iguales están contenidos en las caras de las dos piezas a unir, inscribible en la sección transversal de la soldadura (figura 10).

Longitud eficaz l es la longitud real de la soldadura, menos la longitud de los cráteres extremos, cuando existan. Longitud real es la distancia entre el principio y el fin de la soldadura. La longitud de cada cráter extremo se admite es igual a la garganta. Por tanto, cuando existan cráteres extremos, la longitud eficaz es igual a la longitud real menos dos veces la garganta. Si se emplean procedimientos que eviten la formación de cráteres extremos, la longitud eficaz es igual a la longitud real.



FIG. 2.— SOLDADURAS A TOPE, EN PROLONGACION

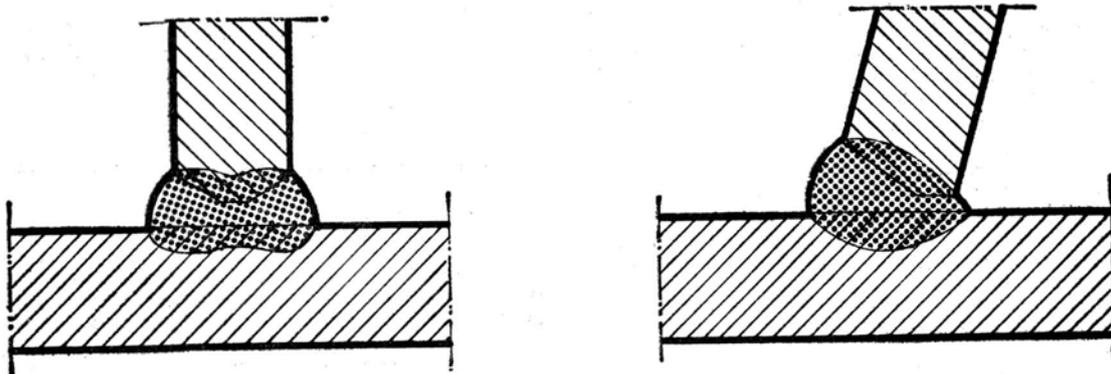


FIG. 3.— SOLDADURAS A TOPE, EN T

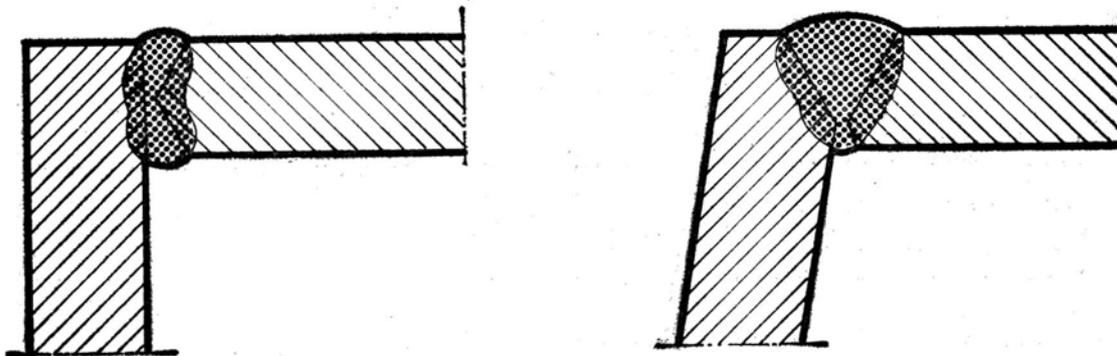


FIG. 4.— SOLDADURAS A TOPE, EN L

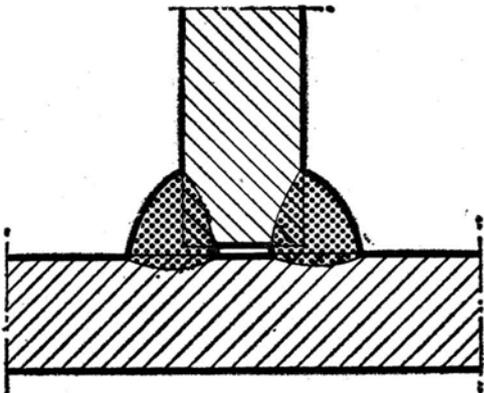


FIG. 5.—SOLDADURA DE ANGULO EN RINCON

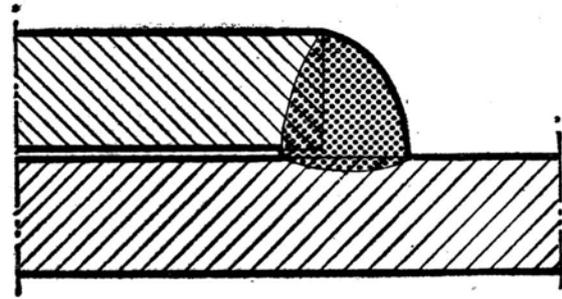


FIG. 6.—SOLDADURA DE ANGULO EN SOLAPE

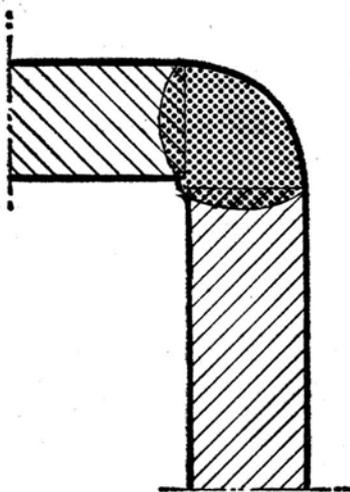


FIG. 7.—SOLDADURA DE ANGULO, EN ESQUINA

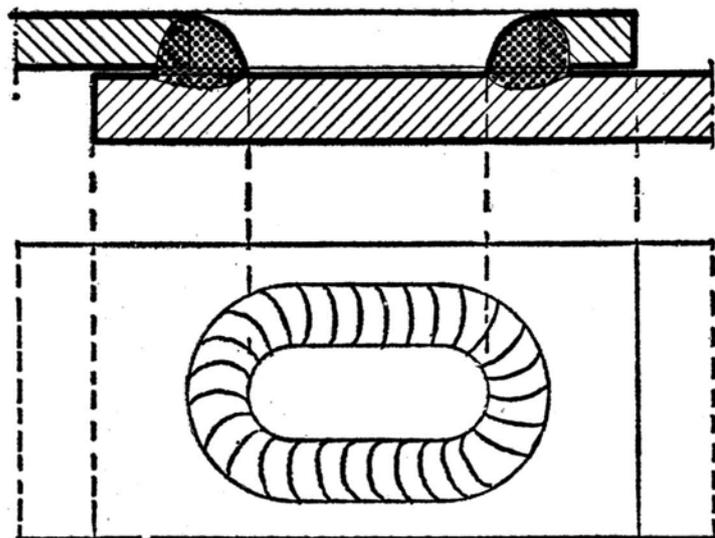


FIG. 8.—SOLDADURA DE ANGULO, EN RANURA

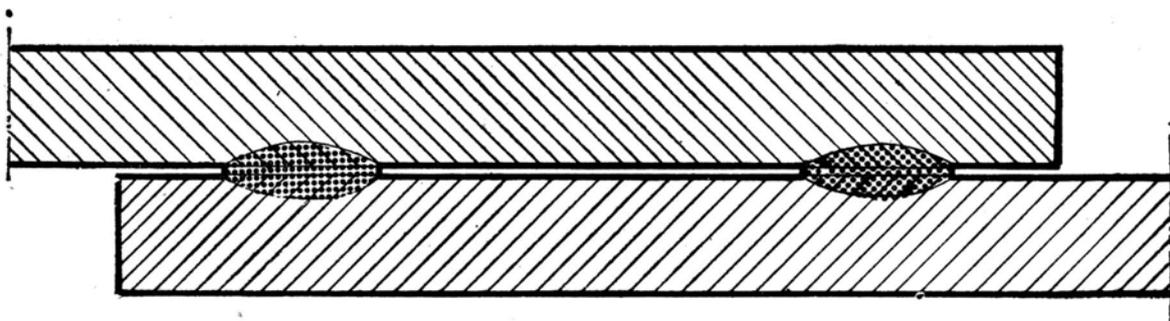


FIG. 9.—SOLDADURA POR PUNTOS (PROCEDIMIENTO IV)

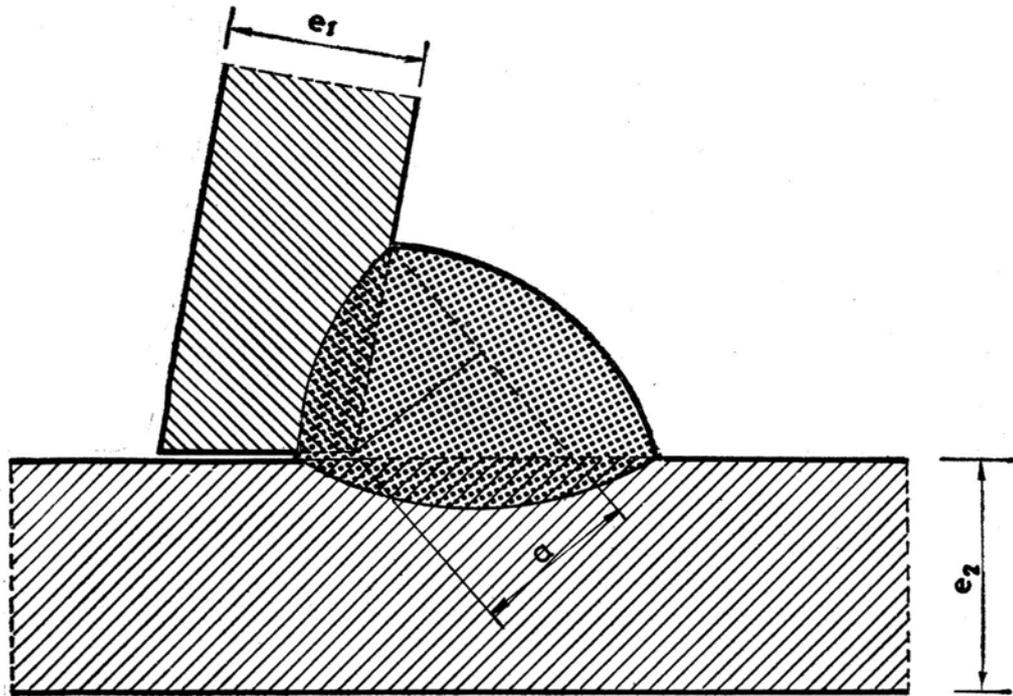


FIGURA 10.- GARGANTA a DE UNA SOLDADURA EN ANGULO

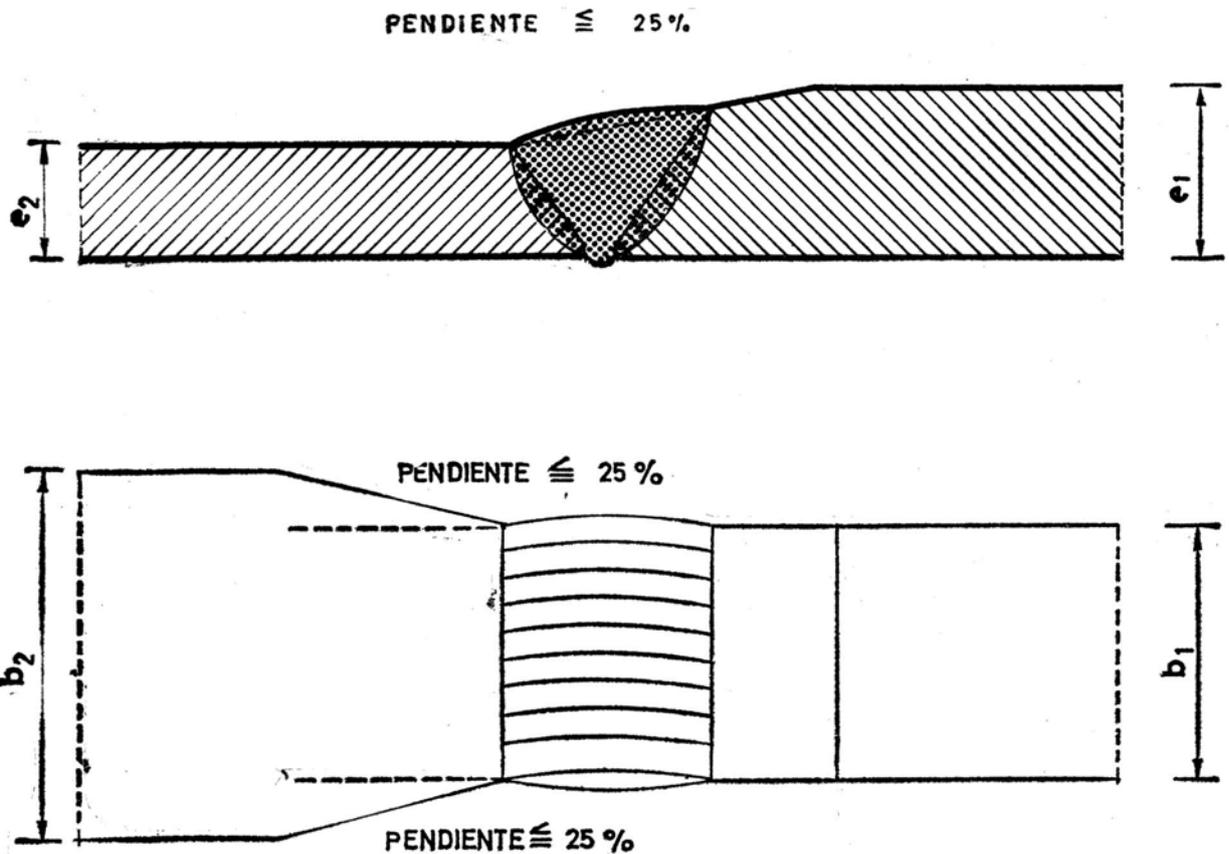


FIGURA 13.- SOLDADURA A TOPE DE PIEZAS DE DISTINTA SECCION

3.14. *Notación de las soldaduras.*—En los planos de taller se definen las soldaduras mediante una notación que, en general, consta de las siguientes tres partes: los números que dimensionan la preparación de bordes; el símbolo de la disposición de la soldadura y preparación, y las dimensiones: garganta a , longitud eficaz l , y en las uniones discontinuas, la separación s , entre ejes de las soldaduras.

En las tablas 3.3 a 3.6 se establecen las notaciones en los distintos casos para el procedimiento I de soldeo.

En los planos del proyecto no siempre es necesario establecer el dimensionado de la preparación de bordes, y entonces la notación se reduce a sus dos últimas partes: símbolo y dimensiones: $a.l$ y, en su caso, s .

3.2. *PRESCRIPCIONES PARA LAS SOLDADURAS.*—En la ejecución de toda soldadura se seguirán las prescripciones en los artículos 3.21 a 3.27. Además, en las soldaduras en taller se seguirán las del artículo 3.28 y en las soldaduras en obra las del artículo 3.29.

3.21. *Condiciones de las piezas a unir.*—No se permite soldar en una zona en que el acero haya sufrido en frío una deformación longitudinal superior al 2,5 por 100, a menos que se haya dado tratamiento térmico adecuado.

Antes del soldeo se limpiarán los bordes de la unión, eliminando cuidadosamente toda la escoria, herrumbre o suciedad, y muy especialmente la grasa y la pintura.

Las partes a soldar estarán además bien secas.

3.22. *Condiciones para los electrodos.*—Se utilizarán electrodos de calidad estructural, apropiada a las condiciones de la unión y del soldeo y de las características mínimas siguientes:

a) Resistencia a tracción del metal depositado:

- > 37 kg. mm² para aceros del tipo A37
- > 42 kg. mm² para aceros del tipo A42.
- > 52 kg. mm² para aceros del tipo A52.

b) Alargamiento de rotura:

- > 22 por 100 para aceros de cualquier tipo.

c) Resiliencia: adaptada a la calidad del acero y al tipo de estructura no inferior en ningún caso a 5 kgm/cm².

Son admisibles, según los casos y posiciones de soldeo, electrodos de las calidades siguientes:

- Estructural intermedia.
- Estructural ácida.
- Estructural básica.
- Estructural orgánica.
- Estructural rutilo.
- Estructural titanio.

Pueden emplearse electrodos normales o de gran penetración.

La simbología y descripción de estas calidades figura en la norma UNE 14003. La determinación de las características del metal depositado se hará por los métodos que describe la norma UNE 14022 y la caracterización de los electrodos de gran penetración según la norma UNE 14023.

En el uso de los electrodos se seguirán las instrucciones indicadas por el suministrador. Los electrodos de revestimiento hidrófilo, especialmente los electrodos básicos, se emplearán perfectamente secos y así se introducirán y se conservarán en desecador hasta el momento de su empleo.

3.23. *Condiciones de soldeo.* Los cordones se depositarán sin provocar mordeduras.

Después de ejecutar cada cordón, y antes de depositar el siguiente, se limpiará su superficie con piqueta y cepillo de alambre, eliminando todo rastro de escoria. Esta limpieza se realiza también en los cordones finales.

Para facilitar la limpieza y el depósito de los cordones siguientes se procurará que la superficie de todo cordón sea lo más regular posible y que no forme ángulos demasiado agudos con los anteriores depositados ni con los bordes de las piezas.

La proyección de gotas de soldadura se evitará cuidadosamente.

3.24. *Ejecución de la soldadura.*—La superficie de la soldadura será regular y lo más lisa posible. Se recomienda que el cebado del arco se haga sobre las juntas y avance respecto a la soldadura.

Si es preciso, la soldadura se recargará o se esmerillará, para que tenga el espesor debido, sin falta ni bombeo excesivo, y para que no presente discontinuidades o rebabas.

En las soldaduras a tope, accesibles por ambas caras, se realizará siempre la toma de raíz, que consiste en su saneado y el depósito del cordón de cierre, o del primer cordón dorsal. El saneado consiste en levantar la parte de raíz hasta dejar

al descubierto el metal sano de la soldadura; por cualquiera de los procedimientos sancionados por la práctica: burilado, soplete, arco-aire, esmeril, etc. El burilado se realizará sólo con útiles de perfil redondeado, prohibiéndose el empleo de los de perfil recto.

Se prohíbe todo enfriamiento anormal o excesivamente rápido de las soldaduras, siendo preceptivo tomar las precauciones precisas para ello.

Cuando excepcionalmente se empleen espesores superiores a 30 milímetros se establecerán las precauciones especiales a adoptar.

3.25. *Defectos de las soldaduras.*—Los defectos internos principales son: a) falta de penetración (figura 11), cuando el chaflán de la soldadura no está totalmente lleno, o cuando la unión entre el metal base y el metal de aportación no es perfecta en algún punto; b) grietas; c) inclusiones, escoria u otros cuerpos englobados en la soldadura, y d) poros, u occlusiones gaseosas.

Los defectos superficiales más importantes son (figura 12): mordeduras en los bordes, desbordamientos, picaduras, etc.

Todos estos defectos son fácilmente evitables por la ejecución cuidadosa de un soldador calificado, y la elección adecuada de los electrodos y, por tanto, se procurará en todo momento que no se produzcan.

La calificación de los defectos, visibles o revelados por un medio de control, es de la competencia del director de obra. Este puede ordenar levantar aquellas soldaduras que crea conveniente para que se ejecuten nuevamente. El levantado se realizará cuidadosamente por cualquiera de los procedimientos sancionados por la práctica: cincelado con gubla de forma apropiada para evitar el recalado, por esmerilado, etc.

3.26. *Cráteres.*—Los cráteres producidos por el cebado y corte del arco en los extremos de la soldadura pueden evitarse en las soldaduras a tope empleando métodos apropiados, por ejemplo, prolongando la soldadura fuera de las piezas, sobre montajes apropiados, que posteriormente se eliminarán alisando cuidadosamente la zona afectada.

En las soldaduras de ángulo se permite, en general, dejar los cráteres extremos, descontándolos al medir la longitud eficaz. Pueden eliminarse con muela.

En las estructuras sometidas a cargas dinámicas es preceptiva la evitación o eliminación de los cráteres.

3.27. *Eliminación de los elementos de fijación.*—Los elementos provisionales de fijación que para el armado o el montaje se sueldan a las barras de la estructura, se desprenderán cuidadosamente con soplete sin dañar a las barras. Se prohíbe desprenderlos a golpes.

Los restos de soldadura de las fijaciones se eliminarán con piedra de esmeril, fresa, lima u otros procedimientos.

3.28. *Soldaduras en taller.*—El depósito de los cordones se efectuará, siempre que sea posible, en posición horizontal. El taller contará con dispositivos para voltear las pizas y colocarlas en la posición más conveniente para la ejecución de las soldaduras, sin que se produzcan sollicitaciones excesivas que puedan dañar la resistencia de los cordones depositados.

3.29. *Soldaduras en obra.*—Debe reducirse al mínimo el número de soldaduras a realizar en obra, e incluso se recomienda proyectar para la unión en obra otros medios: tornillos de alta resistencia, etc.

Se tomarán las precauciones precisas para proteger los trabajos de soldeo contra el viento y la lluvia. Se protegerán asimismo del frío, suspendiendo en general el trabajo cuando la temperatura ambiente alcance 0° C. En casos excepcionales, el director de obra puede autorizar el soldeo con temperatura ambiente entre 0° C y -5° C, adoptando medidas especiales para evitar el enfriamiento rápido de la soldadura, por ejemplo, mediante precalentamiento del material base.

3.3. *PRESCRIPCIONES SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE LA SOLDADURA.*—En las uniones de fuerza, según la disposición de la soldadura, se seguirán además las prescripciones de los artículos 3.31 a 3.33.

3.31. *Soldaduras a tope.*—La soldadura será continua en toda la longitud de la unión y de penetración completa.

Se saneará la raíz antes de depositar el cordón de cierre, o el primer cordón de la cara posterior.

Cuando el acceso por la cara posterior no sea posible, se realizará la soldadura con chapa dorsal (artículo 3.51) u otro dispositivo para conseguir penetración completa.

Para unir dos piezas de distinta sección, la de mayor sección se aderezará en la zona de contacto, con pendientes no superiores al 25 por 100 (figura 13), para obtener una transición suave de la sección.

3.32. *Soldaduras de ángulo.*—La garganta a de una soldadura de ángulo que une dos perfiles de espesores $e_1 \leq e_2$, será no mayor que el valor máximo que corresponde en la tabla 3.1

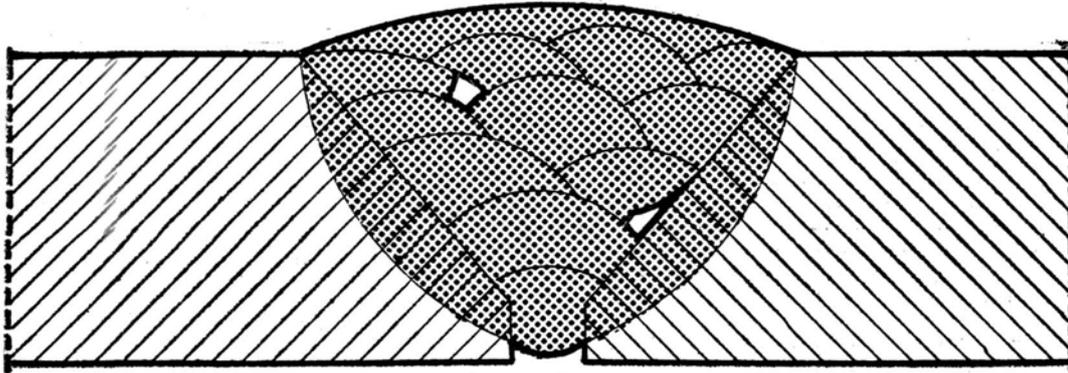


FIG.11.- FALTAS DE PENETRACION

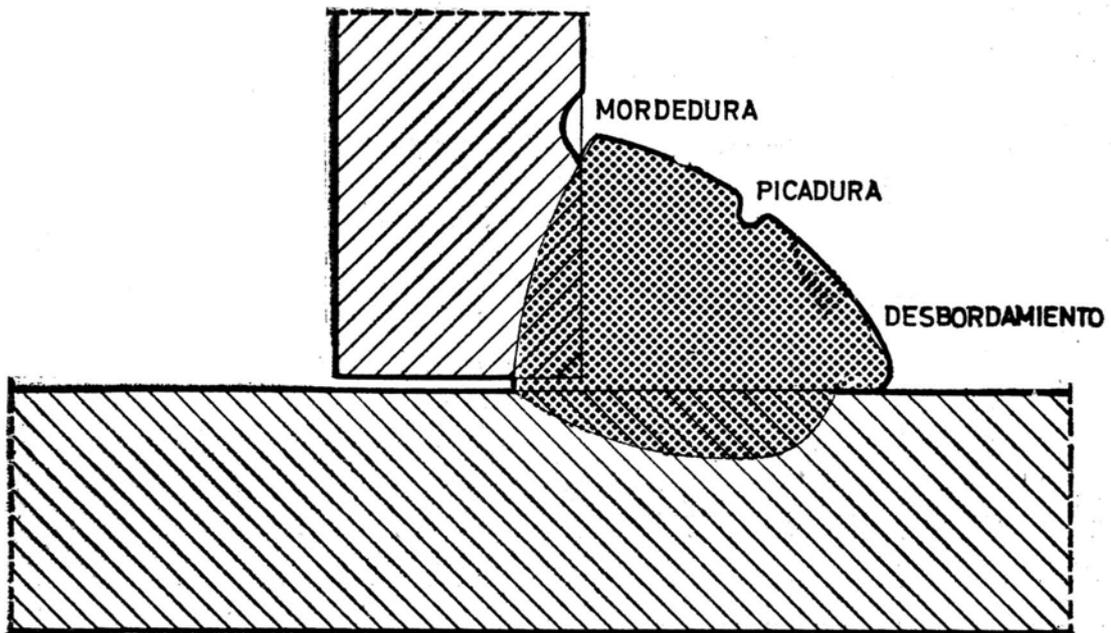


FIG.12.- DEFECTOS SUPERFICIALES

al espesor e_1 , y no menor que el valor mínimo que corresponde al espesor e_2 , si este valor mínimo es menor que el valor máximo antes especificado.

En los perfiles con borde redondeado (figura 14) se toma como espesor nominal en del ala, el espesor medido en la tangencia con el cilindro de redondeo. En el ángulo de los perfiles I se toma como espesor nominal e_n (figura 15) el medido en la prolongación de la cara inclinada del ala. En el ángulo de los perfiles L y LD se toma como espesor nominal e_n (figura 16) 1.2 veces el espesor de las alas.

Los valores máximos de la garganta en las soldaduras en ángulo de los perfiles se indican en la tabla 3.2.

La longitud eficaz l (l_1 o l_2) de una soldadura lateral en la unión de una barra de ancho b (figura 17) que transmite un esfuerzo axial estará comprendida entre los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \text{Valor mínimo: } l &\geq 15 a \\ &\geq b \\ \text{Valor máximo: } l &\leq 60 a \\ &\leq 12 b \end{aligned}$$

TABLA 3.1

VALORES LIMITES DE LA GARGANTA DE UNA SOLDADURA EN ANGULO EN UNA UNION DE FUERZA

Espesor de la pieza e mm	Garganta a	
	Valor máximo mm	Valor mínimo mm
4,0 - 4,2	2,5	2,5
4,3 - 4,9	3	2,5
5,0 - 5,6	3,5	2,5
5,7 - 6,3	4	2,5
6,4 - 7,0	4,5	2,5
7,1 - 7,7	5	3
7,8 - 8,4	5,5	3
8,5 - 9,1	6	3,5
9,2 - 9,9	6,5	3,5
10,0 - 10,6	7	4
10,7 - 11,3	7,5	4
11,4 - 12,0	8	4
12,1 - 12,7	8,5	4,5
12,8 - 13,4	9	4,5
13,5 - 14,1	9,5	5
14,2 - 15,5	10	5
15,6 - 16,9	11	5,5
17,0 - 18,3	12	5,5
18,4 - 19,7	13	6
19,8 - 21,2	14	6
21,3 - 22,6	15	6,5
22,7 - 24,0	16	6,5
24,1 - 25,4	17	7
25,5 - 26,8	18	7
26,9 - 28,2	19	7,5
28,3 - 31,1	20	7,5
31,2 - 33,9	22	8
34,0 - 36,0	24	8

TABLA 3.2

VALORES LIMITES DE LA GARGANTA DE UNA SOLDADURA EN ANGULO EN UNIONES DE FUERZA DE LOS PERFILES I, IB, I, L, LD, T Y TD

Perfiles I, IB, T y TD	Garganta a (figura 11) Valor máximo mm	Perfil	Garganta a (figura 11) Valor máximo mm	Garganta a (figura 12) Valor máximo mm
I 80	3	[80	4	6,5
I 100	3,5	[100	4,5	7
I 120	4	[120	4,5	7,5
I 140	4	[140	5	8,5
I 160	4,5			
I 180	5	[160	5,5	9
I 200	5,5	[180	5,5	9,5
I 220	6,5	[200	6	10
I 240	6,5	[220	6	11
I 260	7			
I 280	8	[250.80	7	11
I 300	8	[250.100	7	14
I 320	8,5	[300	9	12
I 340	9,5			
I 360	10			
I 380	10	Perfiles L y LD e mm	Garganta a (figura 11) Valor máximo mm	Garganta a (figura 13) Valor máximo mm
I 400	11	4	2,5	3
I 480	13	5	3,5	4
I 500	14	6	4	5
I 550	15	7	4,5	5,5
I 600	17	8	5,5	6,5
IB 140	6	9	6	7,5
IB 160	7	10	7	8
IB 180	7	11	7,5	9
IB 200	8	12	8	10
IB 220	8,5	13	9	11
⊥ 30.4	2,5	14	9,5	11
⊥ 35.4.5	3	15	10	12
⊥ 40.5	3,5	16	11	13
⊥ 50.6	4	17	12	14
⊥ 60.7	4,5	18	12	15
⊥ 70.8	5,5			
⊥ 80.9	6			
⊥ 100.11	7,5	19	13	16
		20	14	16
		22	15	18
⊥ 100.60.8	5,5	24	16	20
⊥ 100.75.8	5,5	28	19	22

Los valores de la garganta a para las almas y en los perfiles H para los bordes no redondeados las alas, son los definidos en la tabla 4.1.

Se señala que los valores de la tabla pueden dar lugar a módulos inferiores a los de los perfiles.

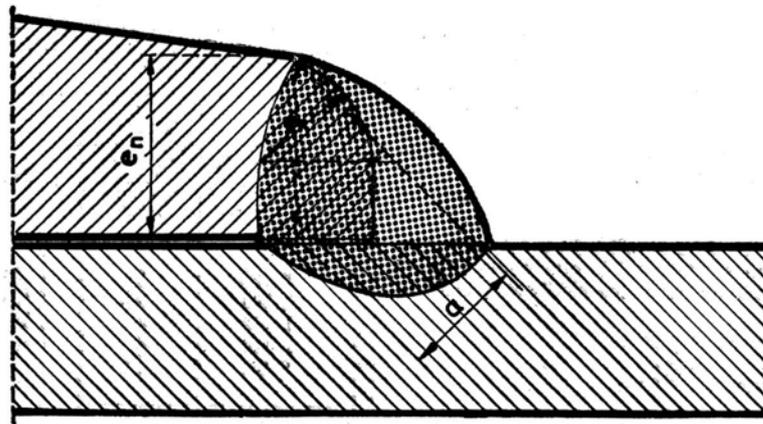


FIGURA 14.—ESPESOR NOMINAL e_n EN UN PERFIL DE BORDE REDONDEADO.

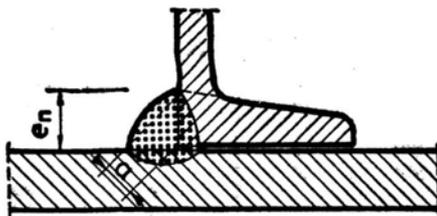


FIGURA 15.—ESPESOR NOMINAL e_n EN EL ANGULO DE UN PERFIL L.

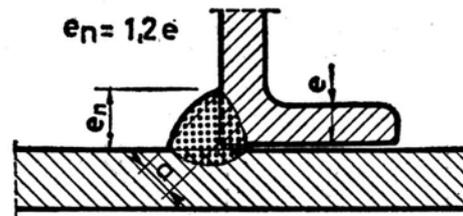


FIGURA 16.—ESPESOR NOMINAL e_n EN EL ANGULO DE LOS PERFILES L Y LD

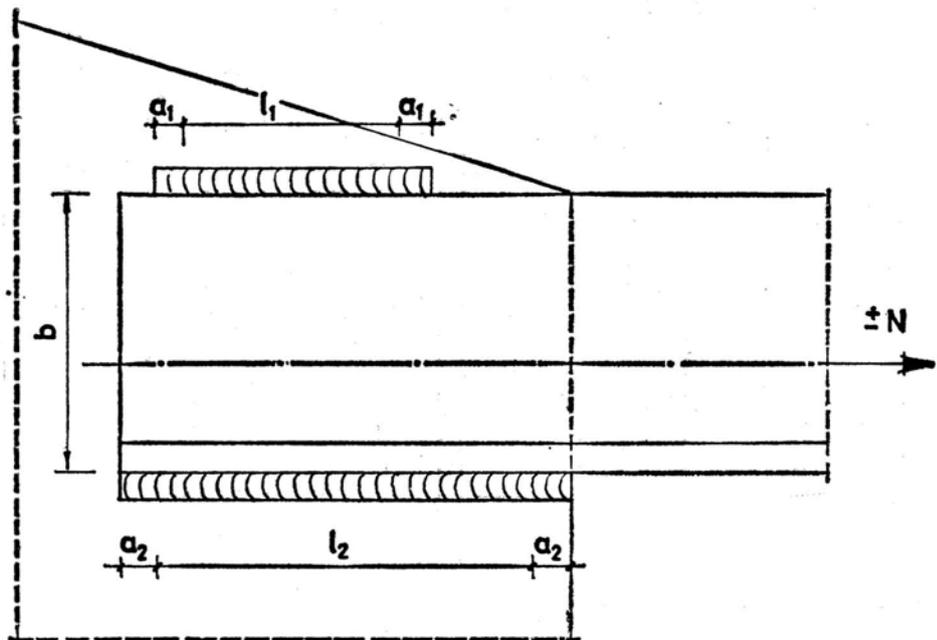


FIGURA 17.—SOLDADURAS EN ANGULO EN LA UNION DE UNA BARRA QUE TRANSMITE UN ESFUERZO AXIAL.

Se recomienda unir toda soldadura frontal con las soldaduras laterales, si existen, y si no existieran, prolongarla en las partes laterales en una longitud igual a cuatro veces la garganta.

La unión longitudinal de dos piezas puede ser discontinua, correspondiente o alternada (figura 18), excepto en los casos siguientes: Estructuras sometidas a cargas dinámicas; elementos situados a la intemperie o en ambientes agresivos, o sometidos a temperaturas inferiores a 0° C.; Uniones que requieran ser estancas.

La longitud eficaz l de cada soldadura de una unión discontinua tendrá el siguiente

$$\text{Valor mínimo: } l \geq 5a \\ l \geq 40 \text{ mm.}$$

La separación s entre soldaduras de una unión discontinua, siendo e el mínimo espesor de los perfiles unidos, tendrá el siguiente

$$\text{Valor máximo: } s \leq 15e \text{ en barras a compresión} \\ s \leq 25e \text{ en barras a tracción} \\ s \leq 300 \text{ mm. en todo caso}$$

3.35. Soldadura de ranura.—Las uniones de fuerza con soldaduras de ranura (figura 19), se emplearán solamente cuando no sea posible realizarlas mediante soldaduras a tope o de ángulo, y nunca en estructuras sometidas a cargas dinámicas.

La unión de una chapa o perfil de espesor e , en la que se abran ranuras, se realizará observando las prescripciones siguientes:

Ancho de la ranura:

$$\text{Valor mínimo: } c \geq 2,5e \\ \text{Valor máximo: } c \leq 10e$$

La separación s , entre ranuras, siendo c el ancho de la ranura en la correspondiente dirección, tendrá los siguientes

$$\text{Valor mínimo: } s \geq 2c \\ \text{Valor máximo: } s \leq 30e$$

La distancia t de una ranura al borde siendo c el ancho de la ranura en la correspondiente dirección, tendrá los siguientes

$$\text{Valor mínimo: } t \geq c \\ \text{Valor máximo: } t \leq 15e, \text{ si no hay soldadura de ángulo en el borde.}$$

Si en los planos de taller figuran soldaduras de ranura que no cumplen estas prescripciones, debe consultarse antes de realizarlas.

No se permite rellenar con soldadura los agujeros practicados en las piezas por necesidades de ejecución.

3.4. ORDEN DE EJECUCIÓN DE CORDONES Y SOLDADURAS EN EL SOLDEO MANUAL.—Cuando se realiza soldeo manual es importante el orden de ejecución de los cordones de las soldaduras, y en algunas uniones el orden de ejecución de las soldaduras para atenuar las deformaciones y las tensiones residuales.

Se recomienda emplear, según los casos, el orden de ejecución que se describe en los artículos 3.41 a 3.44.

3.41. Soldadura de varios cordones.—Se recomienda que una soldadura con varios cordones se realice depositando éstos en el orden indicado en la figura 20. El último cordón conviene sea ancho para que la superficie de la soldadura sea lisa.

Realizando cordones de toda la anchura del chaflán, éstos forman capas sucesivas, de borde a borde, y se depositarán de modo análogo al indicado antes.

3.42. Soldaduras continuas.—Cuando la longitud de la soldadura no sea superior a 500 milímetros, se recomienda que cada cordón se comience por un extremo y se siga hasta el otro (figura 21), sin más interrupción que la necesaria para el cambio de electrodos.

Cuando la longitud esté comprendida entre 500 milímetros y 1.000 milímetros, se recomienda comenzar por el centro. Si se efectúa por un soldador, se realizará primeramente el cordón 1 y después el cordón 2. Si operan dos soldadores, se realizarán simultáneamente.

Se recomienda que las soldaduras de longitud mayor de 1.000 milímetros se realicen a *paso de peregrino*, de modo que cada cordón parcial, cuya longitud debe ser la correspondiente al material depositado con un electrodo, termine donde comenzó el cordón parcial anteriormente ejecutado.

Operando un soldador, puede realizarse comenzando por un extremo (figura 22 a), por el centro (figura 22 b), o en puntos intermedios (figura 22 c). Operando con varios soldadores pueden utilizarse los mismos sistemas (figura 23 a, b, c).

3.43. Unión plana con soldaduras que se cruzan.—Se recomienda ejecutar primeramente las soldaduras transversales (figura 24 a, b, c, d), sanear y preparar a continuación los bordes de éstas en sus zonas extremas y, finalmente, realizar la soldadura longitudinal.

3.44. Unión en ángulo con soldaduras que se cruzan.—En la unión en ángulo de una chapa (alma) a otras soldadas a tope (alas), se seguirá la disposición y orden de la figura 25 a. La disposición de la figura 25 b es perjudicial por el efecto de entalladura en el agujero del alma.

En la unión del ángulo de una chapa a otras dos soldadas en ángulo, caso de los rigidizadores de las vigas armadas, se recomienda la solución de la figura 25 c, salvo el caso de elemento importante sometido a tracción en que no es recomendable la soldadura transversal 3. La disposición de la figura 25 d es incorrecta.

3.5. PREPARACIÓN DE BORDES.—La preparación de los bordes de las chapas y perfiles a unir con soldadura a tope por arco, tiene por objeto asegurar la completa penetración, y facilitar el soldeo, para conseguir una soldadura sana con la mínima cantidad de metal de aportación.

En la elección del tipo de preparación de bordes influyen factores tecnológicos: forma de la unión, clase del metal de base, espesor de las piezas, procedimiento de soldeo, deformación admisible en las piezas, etc., y también factores económicos: coste de la preparación y consumo de metal de aportación.

Una correcta elección del tipo adecuado de preparación de bordes, en cada caso, sólo puede realizarla un técnico experimentado. Para facilitar su labor se describen a continuación los tipos más recomendables en uniones de fuerza, y en las Tablas 3.3 y 3.4 se recogen indicaciones sobre su empleo.

3.51. Empleo de chapa dorsal.—En las uniones de fuerza para conseguir la penetración completa exigida, es necesario el soldeo por ambas caras, saneando la raíz de la soldadura efectuada por la primera cara, antes de realizar el soldeo por la segunda, que en algunos casos se limita solamente a un cordón de cierre.

Cuando solamente es accesible por una cara, para conseguir la penetración completa se puede utilizar, con varios tipos de preparación de bordes, una chapa dorsal, de acero de la misma clase que el de las piezas a unir, o de cobre, o emplear otros procedimientos.

La chapa dorsal de acero queda unida a la soldadura, y tiene el inconveniente de que pueden producirse efectos de entalladura en la zona de la raíz, por lo que no es unión apta para solicitaciones de fatiga. Si se emplea en uniones a la intemperie o en ambientes agresivos, se tomarán precauciones para evitar la corrosión entre la chapa dorsal y el perfil. Para que la soldadura sea perfecta, es necesario un buen ajuste entre la chapa dorsal y las piezas a unir.

La chapa dorsal de cobre se quita al terminar la operación; hay que utilizarla con la precaución de no cebar el arco en el cobre, para que no se produzcan inclusiones de cobre que son causa de fisuras.

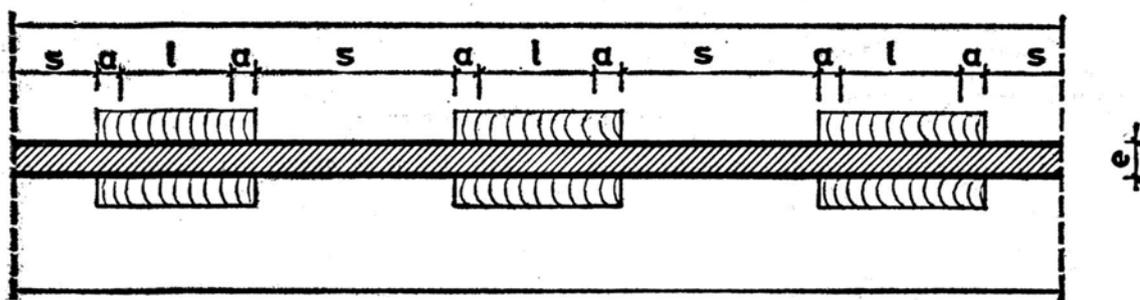
3.52. Bordes escuadrados.—La soldadura con bordes simplemente escuadrados, es la que resulta más económica en operaciones de preparación y en cantidad de metal de aportación. Con soldeo manual desde ambas caras, puede emplearse en piezas de pequeño espesor, hasta 6,5 milímetros con electrodo normal, hasta 10 milímetros con electrodo de gran penetración, y con soldeo automático por arco sumergido en espesores hasta 16 milímetros o más si se emplea corriente continua en lugar de corriente alterna.

3.53. Preparación en V.—Biselado plano de las piezas en una de las aristas de borde. La sección recta del chaflán tiene forma de V.

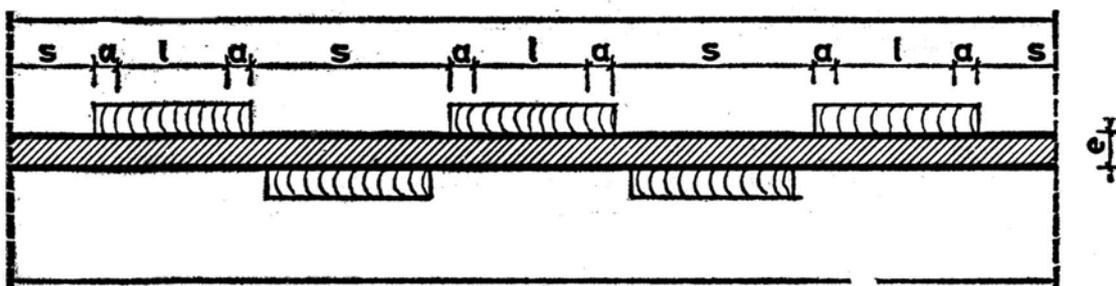
Esta preparación, con soldeo por una sola cara, y un cordón dorsal de toma de raíz, produce soldaduras de penetración completa, que no pueden conseguirse fácilmente con bordes escuadrados. Se emplea para espesores hasta 20 milímetros. Para espesores mayores, con soldeo por un solo lado, es más conveniente la preparación en U (artículo 3.54).

Tiene el inconveniente de producir apreciable deformación angular por su asimetría, que debe contrarrestarse mediante presentación falseada de las piezas.

Generalmente el biselado es simétrico, pero puede convenir hacerlo asimétrico para soldaduras con posición en cornisa y en algún otro caso de posición difícil. Se emplea preparación en V unilateral, con biselado de una sola pieza, para soldaduras en L o en T.



UNION DISCONTINUA CORRESPONDIENTE.



UNION DISCONTINUA ALTERNADA

FIGURA 18.- UNIONES LONGITUDINALES DISCONTINUAS

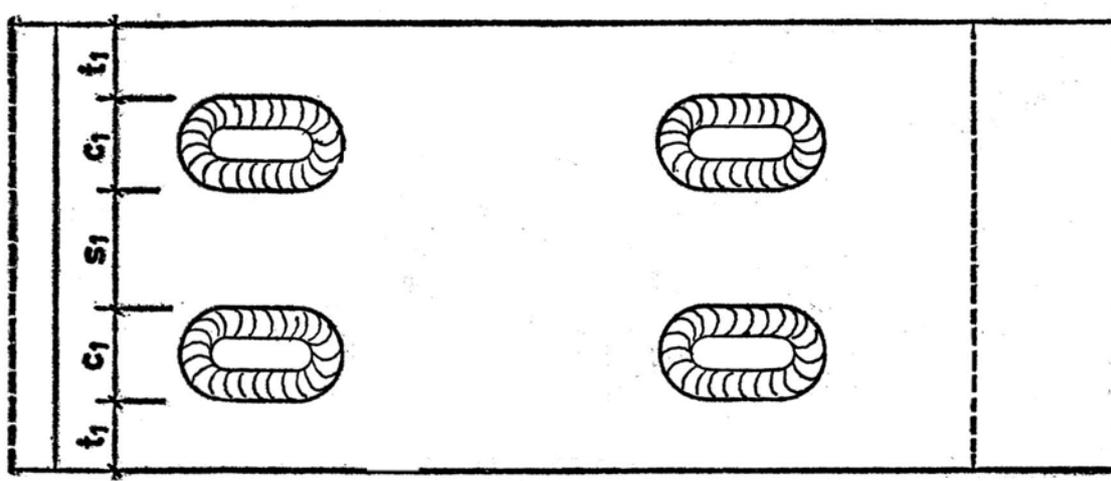
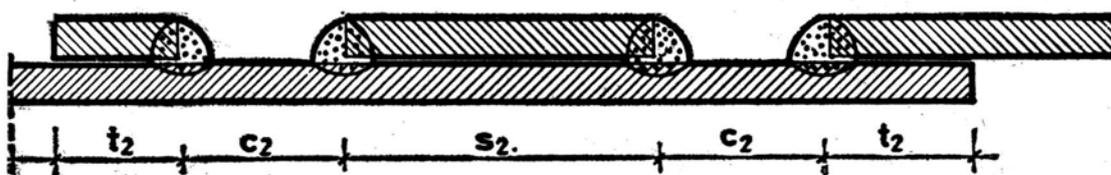


FIGURA 19.- UNION CON SOLDADURAS DE RANURA

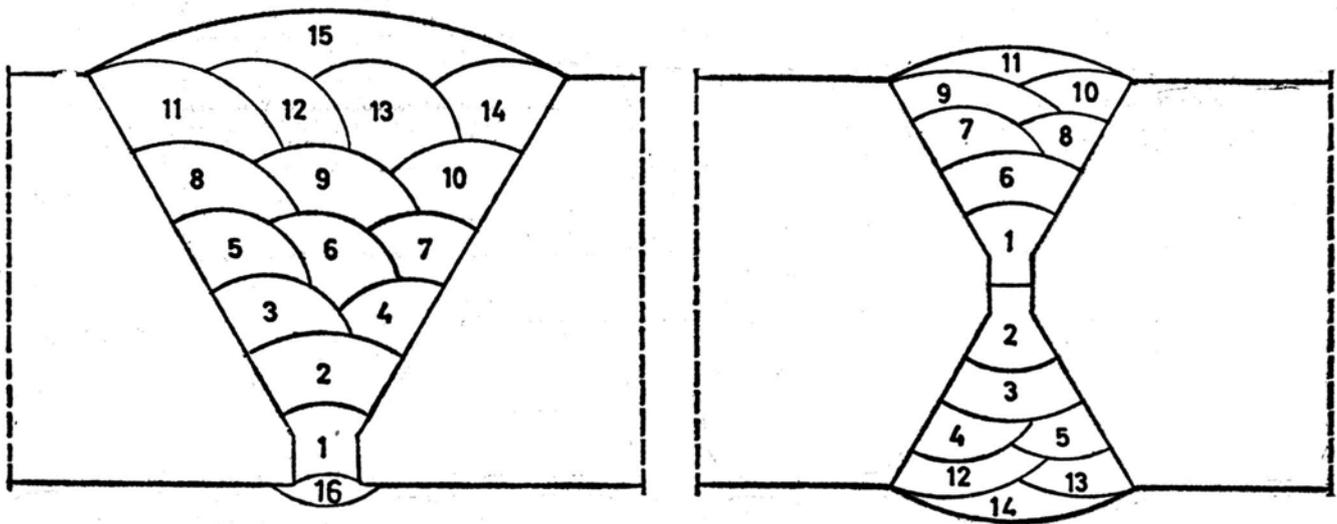


FIGURA 20.- SOLDADURAS DE VARIOS CORDONES

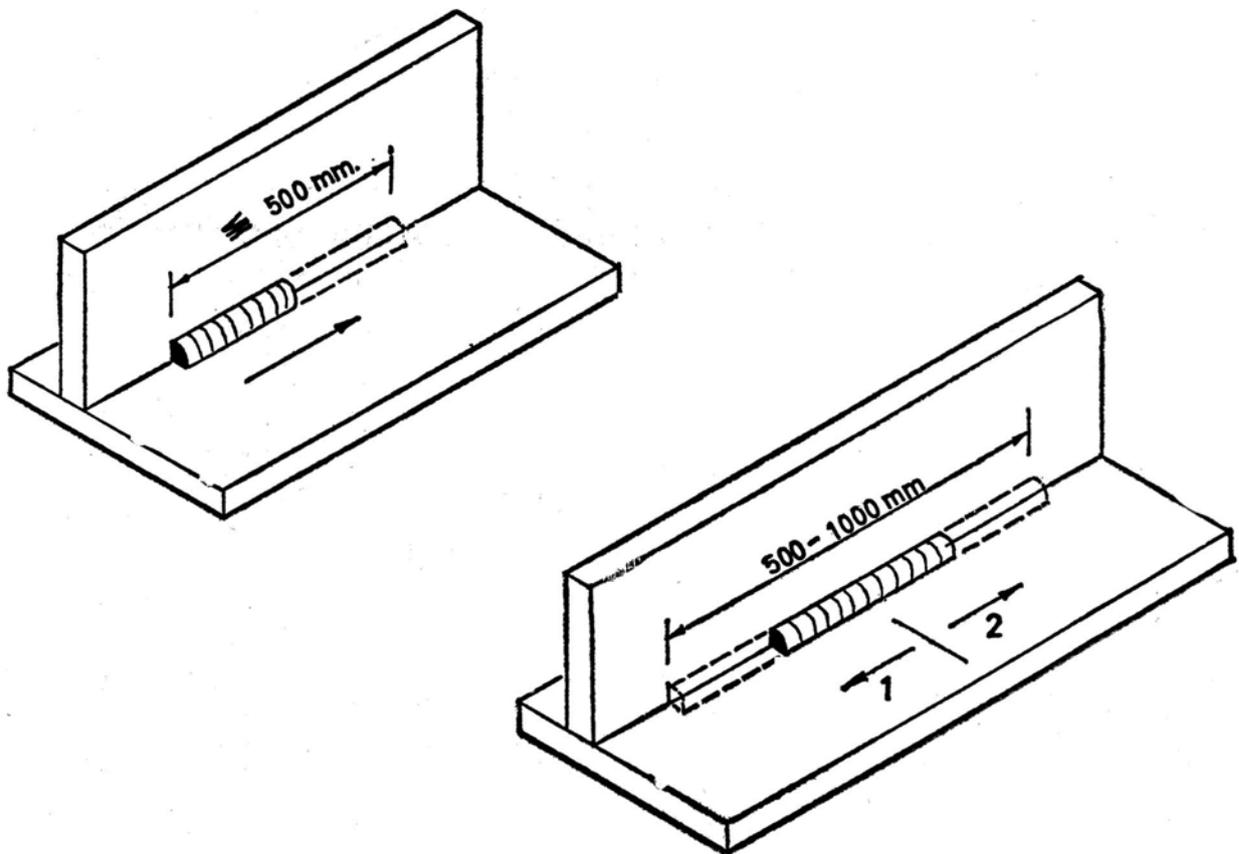


FIGURA 21.- EJECUCION DE SOLDADURAS

3.54. *Preparación en U.*—Biselado cóncavo de las piezas en una de las aristas de borde. La sección recta del chafán tiene forma de U.

Tiene el mismo fin que la preparación en V, con la ventaja de que es más estrecho el chafán en su parte superior, y por tanto, se requiere menor cantidad de metal de aportación, y las deformaciones son menores, por lo que se emplea en soldaduras para espesores mayores de 20 milímetros. Requiere también cordón de toma de raíz.

Cuando se bisela sólo una pieza puede denominarse preparación en J, y se emplea con el mismo fin para soldaduras en L y en T.

3.55. *Preparación en X.*—Biselado plano de las piezas en las dos aristas de borde. La sección recta del chafán tiene forma de X.

Esta preparación, con soldeo para ambas caras, produce soldaduras de penetración completa, simétricas, y por consiguiente con mínima deformación angular. Puede emplearse para espesores hasta 40 milímetros, y la cantidad de metal de aportación que requiere es menor que en las preparaciones en V o en U.

Generalmente el biselado es simétrico, pero puede convenir hacerlo asimétrico para soldaduras con posición en cornisa y en algún otro caso de posición difícil.

Cuando se bisela una sola pieza puede denominarse preparación en K y se emplea con el mismo fin para las soldaduras en L y en T.

3.56. *Preparaciones mixtas.*—El técnico que proyecta las pre-

paraciones elige a veces preparaciones dobles con varios biseles de los indicados en los artículos 3.53 a 3.55, para aprovechar las ventajas de cada uno: economía, comodidad de soldeo, facilidad de ejecución de la toma de raíz, etc.

3.6. *DEFORMACIONES Y TENSIONES RESIDUALES.*—Toda soldadura experimenta durante su enfriamiento contracciones longitudinales y transversales.

La magnitud de estas contracciones es tanto mayor cuanto mayor es la sección de la soldadura y más lenta la aportación de calor en el soldeo, o sea la velocidad de fusión del electrodo. Depende también esta magnitud del número, forma y orden de depósito de los cordones de la soldadura, de la posición de soldeo y de otras circunstancias.

Estas contracciones producen en las piezas deformaciones y tensiones residuales, que hay que prever antes de la ejecución, para que los elementos después de soldados cumplan las exigencias dimensionales de los planos, evitando, si es posible, recurrir para ello a operaciones de enderezado, corte o recrecido, que encarecen la ejecución.

En el proyecto deben estudiarse las disposiciones de las uniones de modo que las tensiones residuales inevitables que proceden de las deformaciones coartadas en las soldaduras, al combinarse con las originadas por las cargas, no den lugar a estados tensionales que resulten peligrosos.

Igualmente figurarán en el proyecto, cuando sea preciso, los procedimientos de atenuación de tensiones residuales: recocido, calentamiento previo, etc

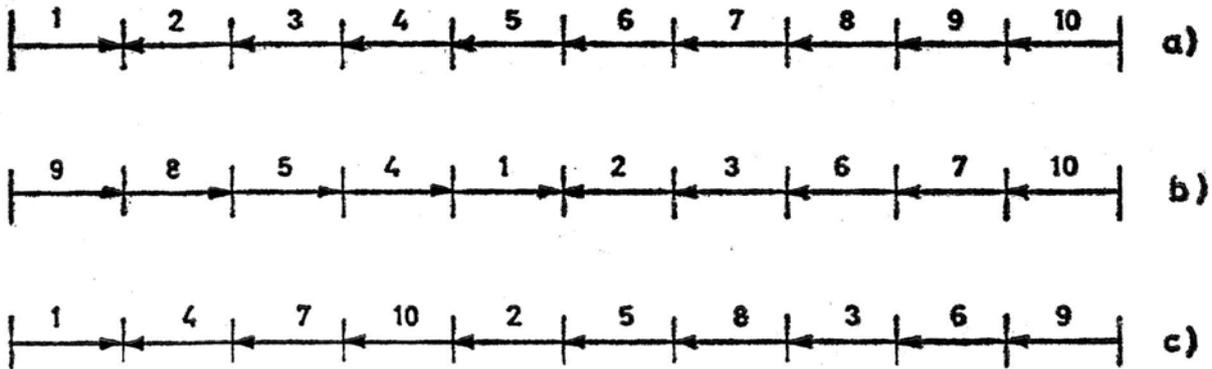


FIGURA 22.- SOLDADURAS A PASO DE PEREGRINO CON UN SOLDADOR

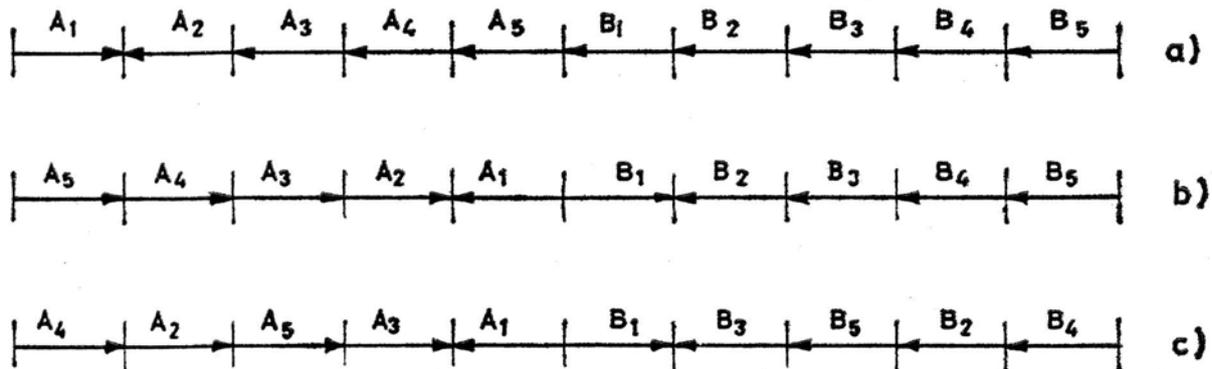


FIGURA 23.- SOLDADURAS A PASO DE PEREGRINO CON DOS SOLDADORES

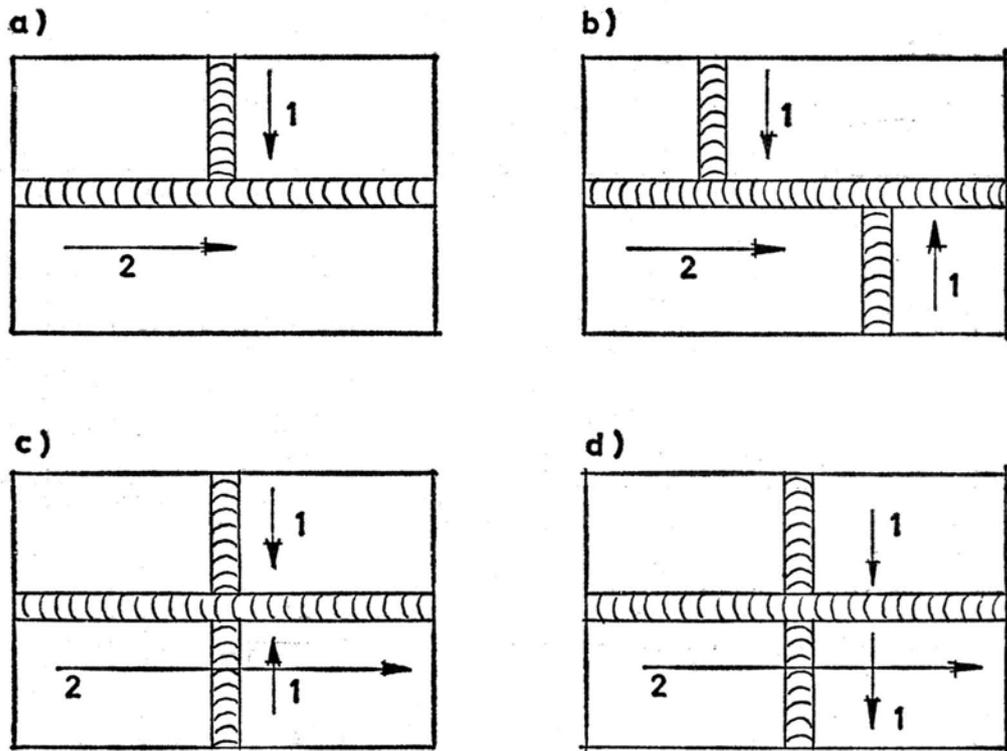


FIGURA 24.- UNIONES PLANAS CON SOLDADURAS QUE SE CRUZAN

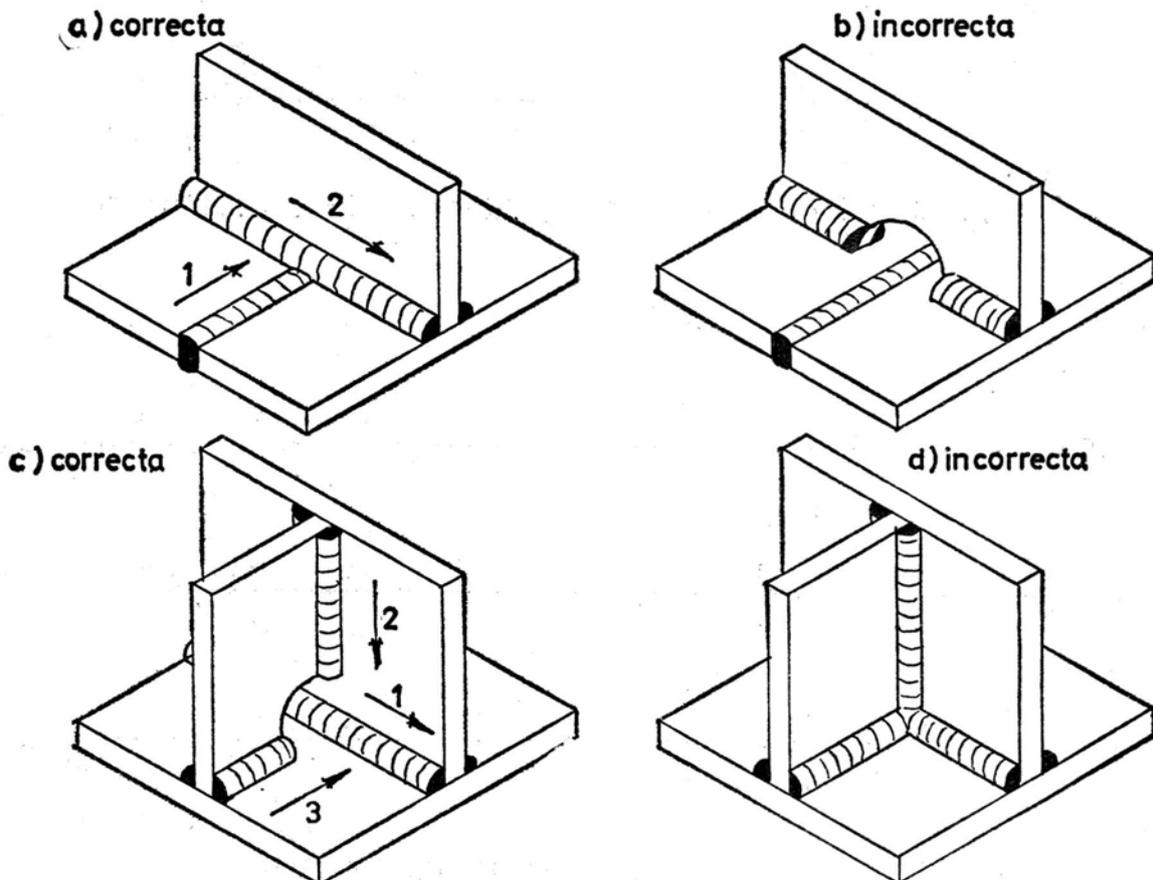
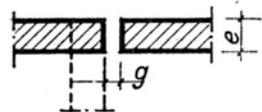
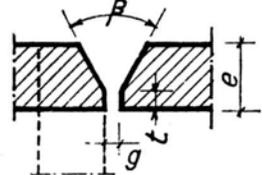
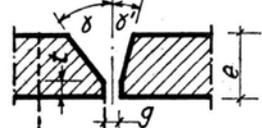
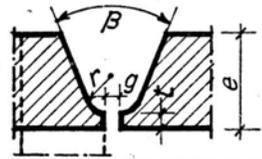
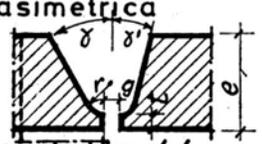


FIGURA 25.- UNIONES EN ANGULO CON SOLDADURAS QUE SE CRUZAN

TABLA 3.3 UNIONES DE FUERZA CON SOLDEO POR ARCO A TOPE

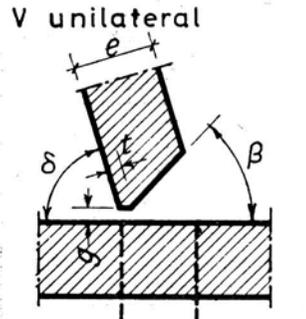
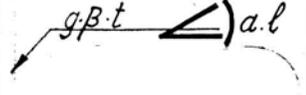
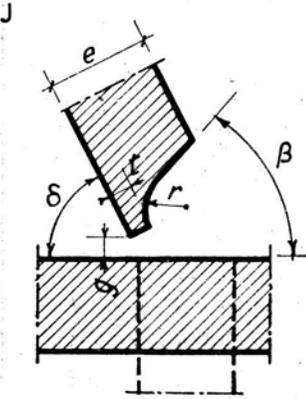
TIPO DE PREPARACION	NOTACION Dimensiones en mm o grados	AMBITO DE USO		RECOMENDACIONES PARA SU EJECUCION									
		Posición de soldeo (figura 26)	Espesor de la chapa mm	Electrodos (N normal) (G de gran penetración)	Separación <i>g</i> en mm			Talon <i>t</i> mm	Radio <i>r</i> mm	Angulos			
					min.	opt.	max.			delante β grados	detrás β' grados	superior δ grados	inferior δ' grados
I. AMBAS CARAS ACCESIBLES. Se suelda por ambas caras al menos con un cordón de toma de raíz.													
Bordes escuadrados 	$g \text{ (} \equiv \text{)} a.l$	H	4-5	N \emptyset 3,2	0	1	2,5	—	—	—	—	—	—
			>5-6,5	N \emptyset 3,2-4	1,5	2	3						
			6,5-10	G \emptyset 3,2 a 5	0	1	2						
V simetrica 	$g, \beta, t \text{ (} \sphericalangle \text{)} a.l$	H	5-10	N	1,5	2	2,5	0-3	—	60°	—	—	—
			>10-15	primer cordón \emptyset 3,2	1,5	2	3						
			>15-20	sucesivos: \emptyset 4 a 8	1,5	2,5	3,5						
		C	5-10	sucesivos: \emptyset 4 a 8	1	1,5	2,5	0-3	—	70°	—	—	—
			>10-20	sucesivos: \emptyset 4 a 8	1,5	2	3						
			5-10	sucesivos: \emptyset 4 a 8	2	2,5	3						
V	>10-15	sucesivos: \emptyset 4 a 8	2	3	4	0-3	—	60°	—	—	—	—	
	>15-20	sucesivos: \emptyset 4 a 8	2	3,5	5								
V asimetrica 	$g(\delta, \delta') t \text{ (} \sphericalangle \text{)} a.l$	C	5-10	N primer cordón \emptyset 3,2	1	1,5	2,5	15-25	—	55°	—	40°-45°	15°-10°
>10-20			sucesivos \emptyset 4 a 8	1,5	2	3							
V unilateral en tabla 4,4													
U simetrica 	$D.n^{\circ} N \text{ (} \cup \text{)} a.l$	H	>20-40	N primer cordón \emptyset 4 a 6	—	0	3,5	2-3	6	20°	—	—	—
		C	>20-40	sucesivos \emptyset 6 a 8	—	0	4	2-3	7	40°	—	—	—
		V	>20-40	sucesivos \emptyset 6 a 8	—	0	4	2-3	7	30°	—	—	—
U asimetrica 	$D.n^{\circ} N \text{ (} \cup \text{)} a.l$	C	>20-40	N primer cordón \emptyset 4 a 6	—	0	3,5	2-3	7	35°	—	25°-30°	10°-5°
J en Tabla 4,4			>20-40	sucesivos \emptyset 6 a 8	—	0	3,5	2-3	7	35°	—	25°-30°	10°-5°

X simétrica 	H	>15-40	N primer cordón	2	3	4	0-3	—	60°	60°	—	—
	C	>15-40	Ø 3,2	2	2,5	3,5						
	V	>15-20 >20-40	Ø 4 a 8	3	3,5	4,5						
X irregular 	H	>15-40	Recomendaciones como en X simétrica.				60°	60°	—	—	—	—
	C		Para que el volumen de soldadura sea igual en ambas caras después del saneado de raíz: $d = \frac{e}{2} \cdot 2$									
	V		Para que el volumen de soldadura a realizar detrás sea menor, si su posición es desfavorable: $d = \frac{2}{3} \cdot e$									
X asimétrica 	C	>15-40	N primer cordón	2	2,8	3,5	0-3	—	55°	55°	40°-45°	15°-10°
			Ø 3,2 sucesivos									
K en tabla 4,4												

II. SOLO UNA CARA ACCESIBLE. Se realiza mediante chapa dorsal en la cara inaccesible

Bordes escuadrados 	Todas	4-5	N Ø 3,2	≧ 7	—	—	—	—	—	—	—
	H	>5-8	N Ø 3,2 a 5	≧ 8							
	H	5-65 >6,5-8	G Ø 3,2 G Ø 3,2 a 5	0 a 2 1,5 a 3							
V simétrica <p>La primera capa puede realizarse con un solo cordón (1C) o, en ciertos casos, con dos cordones contiguos (2C)</p> <p>Se ha indicado la notación para soldaduras con caras convexas:) Si una cara, o ambas, deben ser aplanadas se representará con la notación: </p>	H	5-40	N Ø 4±1 1C	≧ 6±1	0	—	45°	El ángulo del electrodo con la normal a la chapa no será nunca menor que 30°			
						≧ 7±1	0		—	30°	
					≧ 8±1	0	—		20°		
				N Ø 4±1 2C	≧ 9±2	0	—		45°		
					≧ 10±2	0	—		30°		
					≧ 11±2	0	—		20°		
	C	5-40		N Ø 4±1 1C	≧ 4 a 6	0	—		45°		
						≧ 10±2	0	—	45°		
V	5-40		N Ø 4±1 1C	≧ 7±1	0	—	45°				
						≧ 8±1	0	—	30°		
				≧ 9±1	0	—	20°				
T	5-40		N Ø 4±1 1C	≧ 6±1	0	—	45°				

TABLA 3.4 UNIONES DE FUERZA CON SOLDEO POR ARCO A TOPE EN T

TIPO DE PREPARACION	NOTACION	AMBITO DE USO			RECOMENDACIONES PARA SU EJECUCION															
		Angulo δ grados	Posición de soldeo (figura 26)	Espesor de la chapa e mm	Electrodos	Separación g en mm			Talón t mm	Radio r mm	Angulos									
						min.	opt.	max.			delante β grados	detrás β' grados								
I. AMBAS CARAS ACCESIBLES. Se suelda por ambas caras al menos con un cordón de toma de raíz																				
V unilateral  Si $\delta > 30^\circ$ se realiza soldadura en angulo		90°	H, C	5-15	Primer cordón $\varnothing 3,2$	1,5	2	3	1,2-2,5	—	50°	—								
			V	5-15									2	3	4	1,2-2,5	—	50°		
		70°	H, C	5-15		Sucesivos $\varnothing 4$ a 8	1,5	2	3	1-2	—		50°	—						
			V	5-15											2	3	4	1-2	—	50°
		50°	H, C	5-15			1,5	2	3	0-1,5	—		60°		—					
			V	5-15												2	3	4	0-1,5	—
		30°	H, C	5-15			1,5	2	3	0	—		70°			—				
			V	5-15													2	3	4	0
		J 		90°			H	>15-40	Primer cordón $\varnothing 5$	0	2,5		3,5				2-3	12	15°-25°	—
							C, V	>15-40												
70°	H			>15-40	Sucesivos $\varnothing 5$ a 8		0	2,5		3,5	2-3	12	30°				—			
	C, V			>15-40														0	3	
50°	H			>15-40		0	2,5	3,5		2-3	12	35°	—							
	C, V			>15-40										0				3	4	
30°	H			>15-40		0	2,5	3,5		2-3	12	40°		—						
	C, V			>15-40											0			3	4	

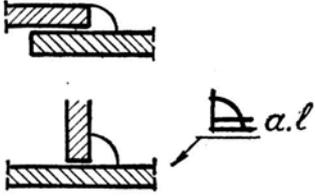
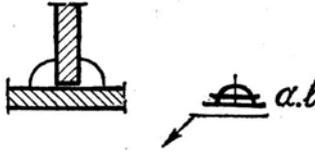
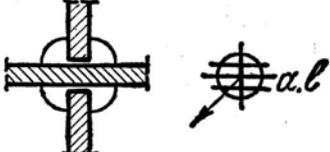
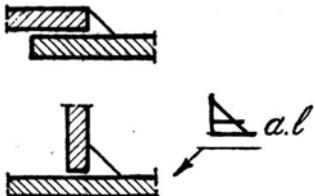
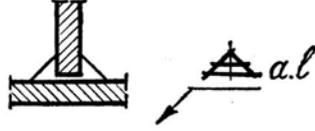
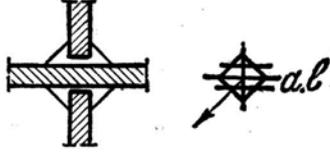
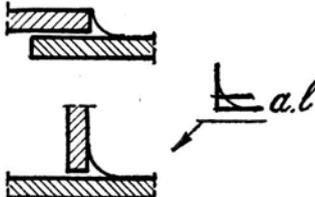
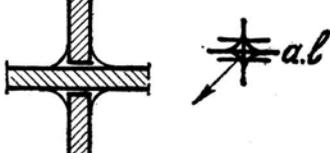
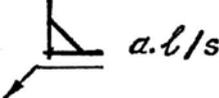
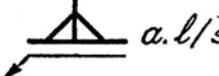
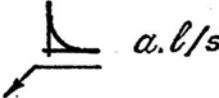
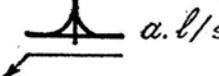
<p>K</p> <p>δ B' B</p> <p>e a</p> <p>Si $\delta \leq 50^\circ$ preparacion en J</p>	<p>D, n, N (α, l)</p>	90°	H, C	>15-40	Primer cordón $\varnothing 3.2$	2	3	4	0	—	50°	50°	
		$d=0,5 e$	V	>15-20		3	3,5	4,5	0	—	50°	50°	
		$d'=0,5 e$		>20-40		3,5	4	6	0	—	50°	50°	
		70°	H, C	>15-40		Sucesivos $\varnothing 4 a 8$	2	3	4	0	—	50°	50°
		$d=0,7 e$	V	>15-20			3	3,5	4,5	0	—	50°	50°
		$d'=0,3 e$		>20-40			3,5	4	6	0	—	50°	50°
		50°	H, C	>15-40			2	3	4	0	—	60°	50°
		$d=e$	V	>15-20			3	3,5	4,5	0	—	60°	50°
		$d'=0$		>20-40			3,5	4	6	0	—	60°	50°

II. SOLO UNA CARA ACCESIBLE. Se realiza mediante chapa dorsal en la cara inaccesible

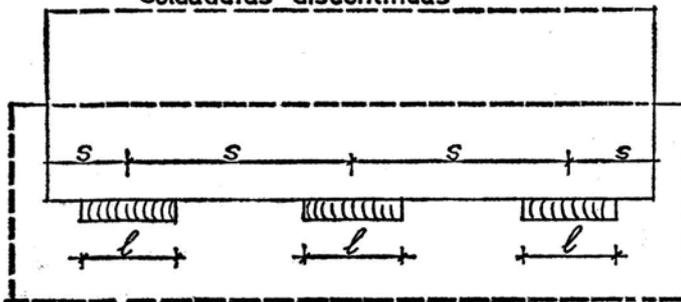
<p>V unilateral</p> <p>e δ B B' g</p> <p>La primera capa puede realizarse con un solo cordón (1C), o en ciertos casos, con dos cordones contiguos (2C)</p> <p>Si $\delta < 30^\circ$ se realiza soldadura en ángulo</p>	<p>g, β, t (α, l)</p>	90°	H	5-40	$\varnothing 4 \pm 1$ 1C	$\geq 6 \pm 1$	0	—	45°	
						$\geq 7 \pm 1$	0	—	35°	
						$\geq 8 \pm 1$	0	—	25°	
					$\varnothing 4 \pm 1$ 2C	$\geq 9 \pm 1$	0	—	45°	
						$\geq 10 \pm 1$	0	—	35°	
						$\geq 11 \pm 1$	0	—	25°	
			C	5-40	0 4 ± 1 1C	$\geq 4 a 6$	0	—	45	
						$\geq 5 a 7$	0	—	35°	
						$\geq 9 \pm 1$	0	—	45°	
					0 4 ± 1 2C	$\geq 10 \pm 1$	0	—	35°	
						$\geq 11 \pm 1$	0	—	25°	
						$\geq 8 \pm 1$	0	—	45°	
			V	5-40	0 4 ± 1 1C	$\geq 9 \pm 1$	0	—	35°	
						$\geq 10 \pm 1$	0	—	25°	
			T	5-40	0 4 ± 1 1C	$\geq 6 \pm 1$	0	—	45°	
						$\geq 7 \pm 1$	0	—	35°	
			70°	H, C V, T	5-40	Los valores del correspondiente caso para 90°, con valores de que no rebasen los indicados				30°-45°
			50°	H, C V, T	5-40					35°-45°
30°	H, C V, T	5-40	40°-45°							

TABLA 3.5

SOLDADURAS DE ANGULO

Tipo de soldadura	Dimensiones en mm.		
	Simple	Doble	Cuadruple
Continua convexa			
Continua aplanada			
Continua concava			
Discontinua convexa			
Discontinua aplanada			
Discontinua concava			

Soldaduras discontinuas



3.61. *Deformaciones lineales.*—La deformación lineal d , inducida por la contracción longitudinal de la soldadura en dos piezas soldadas a tope (figura 27), suele estar comprendida entre el 1 y el 6 por mil de la longitud de la soldadura.

La deformación lineal t , causada por la contracción transversal suele estar comprendida entre 1 milímetro y 4 milímetros.

3.62. *Deformaciones angulares.*—Las soldaduras de ángulo (figura 28 a), y en general todas las asimétricas (figura 28 b), producen deformaciones angulares por la diferente contracción transversal de las capas de metal aportado, modificándose los ángulos con que se hayan colocado las piezas a soldar.

Cuando los giros están coartados, suelen producirse abarquillamientos o alabeos en las piezas unidas (figura 29).

3.63. *Atenuación de las tensiones.*—Para conseguir una soldadura con coacciones mínimas, y reducir tensiones residuales al mínimo posible, se seguirán los principios fundamentales siguientes:

Principio de simetría.—El volumen de metal depositado tendrá en todo momento la máxima simetría posible.

Principio de libertad.—Las piezas a soldar se dispondrán de modo que puedan seguir los movimientos producidos en el soldeo con la máxima libertad posible.

Principio de accesibilidad.—El soldador tendrá en todo momento acceso fácil y posición óptima de trabajo, para asegurar el depósito limpio y perfecto del material de aportación.

Principio de enfriamiento.—La disposición de las piezas y el orden de los cordones será tal que se reduzca al mínimo la acumulación de calor en zonas locales.

3.64. *Aminoración de las deformaciones angulares.*—Las deformaciones angulares pueden contrarrestarse mediante la presentación falseada de las piezas a unir, de modo que una vez ejecutada la soldadura queden en la posición correcta.

Los abarquillamientos o alabeos pueden evitarse mediante la previa deformación de las piezas a unir.

3.65. *Corrección de las deformaciones.*—A pesar de las precauciones adoptadas, las deformaciones pueden resultar superiores a las tolerancias correspondientes.

Estas deformaciones se corregirán en frío, con prensa o máquina de rodillos, sometiendo después las piezas a un cuidadoso examen, para asegurarse de que no han aparecido fisuras en el metal de aportación o en la zona de transición del metal base.

3.7. *CALIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS.*—Tiene importancia fundamental en la ejecución de las soldaduras la capacitación profesional de los operarios que realicen los trabajos de soldeo, que acreditarán mediante examen y calificación, realizados por un Inspector aceptado por el director de la obra, según la norma UNE 14010, examen y calificación de los operarios destinados a trabajos de soldeo eléctrico por arco, en las estructuras de acero.

Según la calificación del operario se le encomendarán soldaduras en las siguientes posiciones:

- Sólo en posición horizontal.
- Toda posición excepto en techo.
- Toda posición.

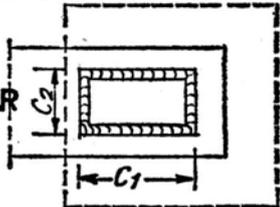
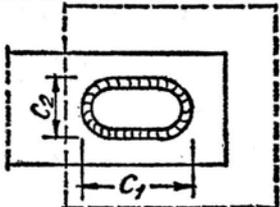
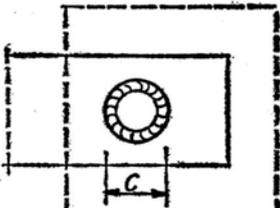
CAPITULO 4. EJECUCION EN TALLER

4.1. *PLANOS DE TALLER.*—Para la ejecución de toda estructura metálica, el constructor, basándose en los planos del proyecto, realizará los planos de taller precisos para definir completamente todos los elementos de aquélla.

4.11. *Cotas de replanteo.*—El constructor comprobará en obra las cotas de replanteo de la estructura para la realización de los planos de taller.

4.12. *Contenido de los planos de taller.*—Los planos de taller contendrán en forma completa:

- a) Las dimensiones necesarias para definir inequívocamente todos los elementos de la estructura.
- b) Las contraflechas de vigas, cuando estén previstas.
- c) La disposición de las uniones, incluso las provisionales de armado, distinguiendo las dos clases: de fuerza y de atado.
- d) El diámetro de los agujeros de roblones y tornillos, con indicación de la forma de mecanizado.
- e) Las clases y diámetros de roblones y tornillos.

TABLA 3.6		SOLDADURAS DE RANURA	
TIPO DE OJAL		NOTACION Dimensiones en mm.	
RANURA RECTANGULAR			$n = \text{número de ojales}$ $n \text{ [—] } \alpha. C_1. C_2$
RANURA OVALADA			$n \text{ (—) } \alpha. C_1. C_2$
RANURA CIRCULAR			$n \text{ (+) } \alpha. c$

f) La forma y dimensiones de las uniones soldadas, la preparación de los bordes, el procedimiento, métodos y posiciones de soldeo, los materiales de aportación a utilizar y el orden de ejecución.

g) Las indicaciones sobre mecanizado o tratamiento de los elementos que lo precisen.

Todo plano de taller llevará indicados los perfiles, las clases de los aceros, los pesos y las marcas, de cada uno de los elementos de la estructura representados en él.

4.13 *Revisión de los planos de taller.*—El constructor, antes de comenzar la ejecución en taller, entregará dos copias de los planos de taller al director de la obra, quien los revisará y devolverá una copia autorizada con su firma en la que, si se precisan, señalará las correcciones a efectuar. En este caso el constructor entregará nuevas copias de los planos de taller corregidos, para su aprobación definitiva.

4.14 *Modificaciones en los planos de taller.*—Si el proyecto se modifica durante la ejecución de los trabajos, los planos de taller se rectifican para que la obra terminada quede exactamente definida por estos planos.

Si durante la ejecución fuese necesario introducir modificaciones de detalle respecto a lo definido en los planos de taller,

se harán con la aprobación del director de la obra, y se anotará en los planos de taller todo lo que se modifique.

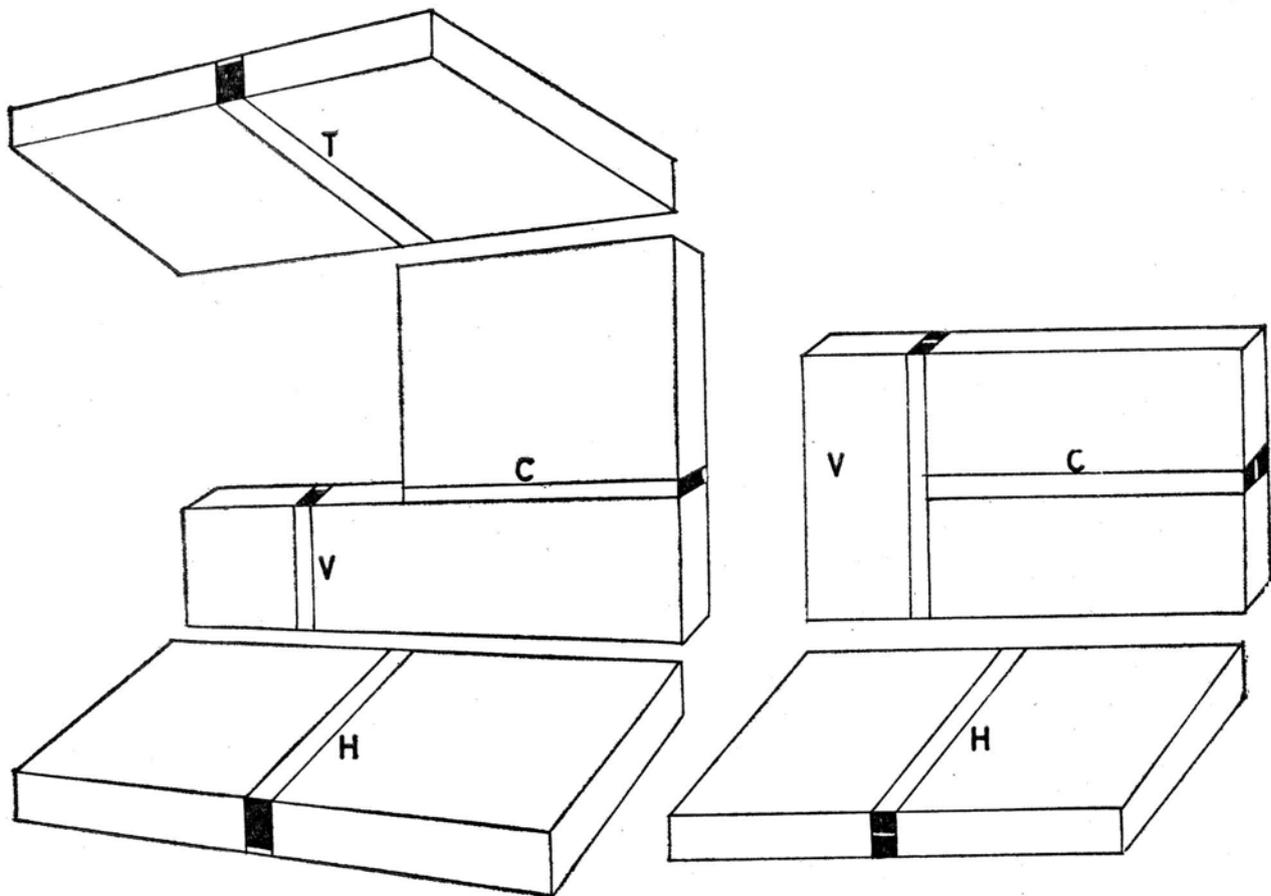
4.2. *PLANTILLAJE.*—Se trazarán las plantillas a tamaño natural de todos los elementos que lo precisen, especialmente las de los nudos y de las cartelas de unión, basándose en los planos de taller. Cada plantilla llevará la marca de identificación del elemento a que corresponde y los números de los planos de taller en que se define. Sobre ella se indicarán los diámetros definitivos de los agujeros y su posición exacta.

Esta exigencia no es precisa cuando se utilicen máquinas de oxiacorte automáticas que trabajan sobre plantillas a escala reducida.

4.2. *Trazado.*—El trazado de las plantillas se realizará por personal especializado, ajustándose a las cotas de los planos de taller, con las tolerancias fijadas en el proyecto, o en su defecto, con las indicadas en el Capítulo 6 de esta norma.

4.22 *Material para el plantillaje.*—Las plantillas se realizarán en material que no sufra fácilmente deformaciones ni deterioros durante su manejo.

4.3 *PREPARACIÓN, ENDEREZADO Y CONFORMACIÓN.*—Estas operaciones se realizarán antes del marcado de ejecución, con objeto de que todos los productos tengan la forma exacta, recta o curva, deseada.



DESDE UNA CARA:

H Soldeo en horizontal

T Soldeo en techo

C Soldeo en cornisa

V Soldeo en vertical

DESDE AMBAS CARAS:

H Soldeo en horizontal

C Soldeo en cornisa

V Soldeo en vertical

FIGURA 26— POSICIONES DE SOLDEO.

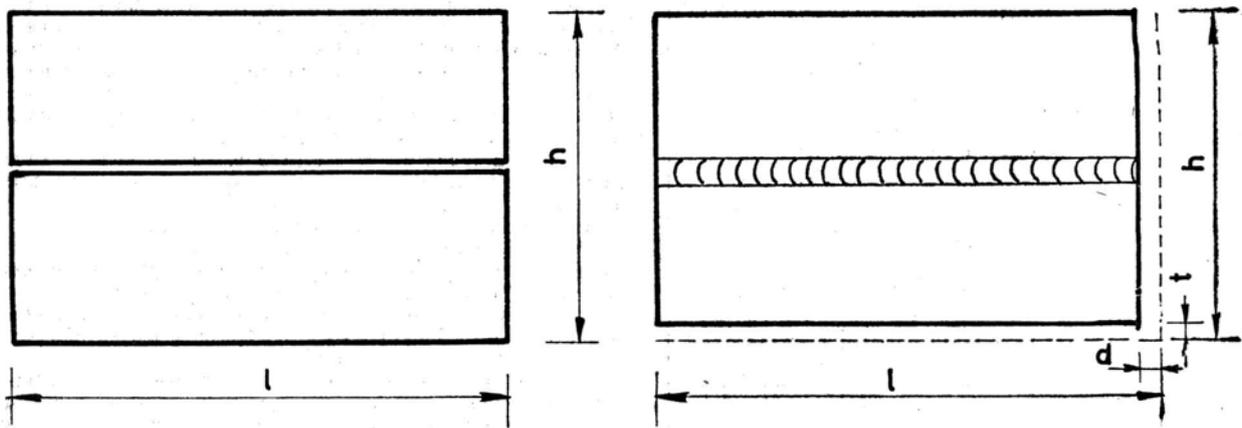


FIGURA 27.- DEFORMACIONES LINEALES POR LA SOLDADURA

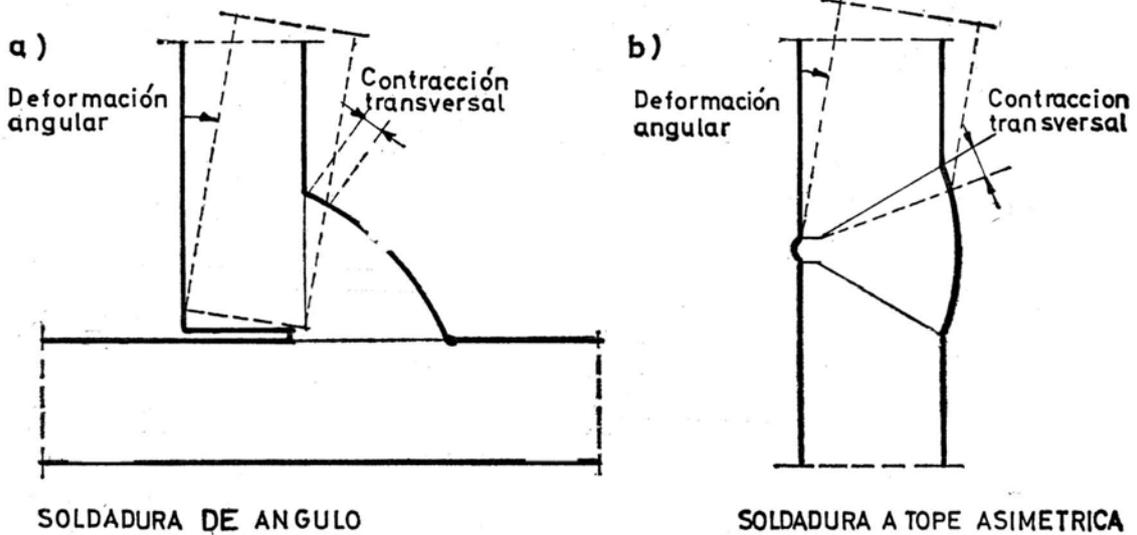


FIGURA 28.- DEFORMACIONES ANGULARES POR LA SOLDADURA

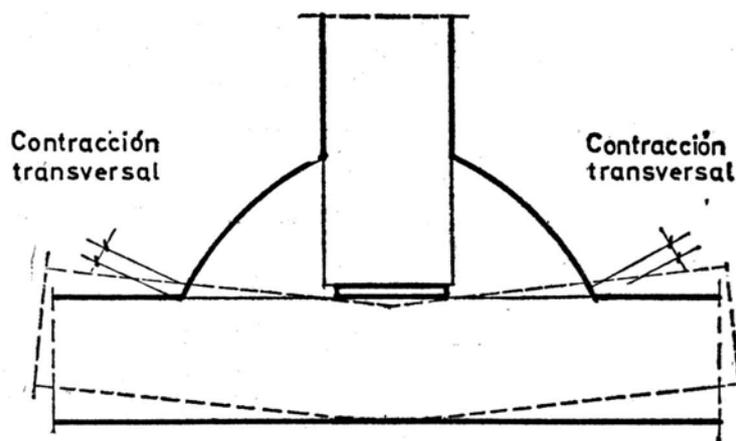


FIGURA 29.-ABARQUILLAMIENTO POR UNA SOLDADURA EN ANGULO DOBLE

4.31. *Preparación.*—En cada uno de los productos se procederá a:

Eliminar aquellos defectos de laminación que, por su pequeña importancia, no hayan sido causa de rechazo.

Suprimir las marcas de laminación en relieve en aquellas zonas que hayan de entrar en contacto con otro producto en las uniones de la estructura.

Eliminar todas las impurezas que lleven adheridas. La cascarilla de laminación fijamente unida no necesita ser eliminada, a menos que se indique expresamente en el proyecto.

4.32. *Enderezado.*—La operación de enderezado en los perfiles, y la de planeado en las chapas, se realizarán preferentemente en frío, mediante prensa o máquina de rodillos. Si por excepción se realizan en caliente, se seguirán las prescripciones del artículo 4.34.

4.33. *Conformación.*—Las operaciones de plegado o curvado se realizarán preferentemente en frío. No es admisible que aparezcan en el producto abolladuras a causa de las compresiones, ni grietas debidas a las tracciones, que en la conformación se originen. Si el plegado es muy acusado se recomienda el recocido posterior de la pieza. Si por excepción se realizan en caliente, se seguirán las prescripciones del artículo 4.34.

4.34. *Operaciones en caliente.*—Enderezado y conformación pueden realizarse en caliente con las condiciones siguientes:

a) El calentamiento se efectuará, a ser posible, en horno. Se admite el calentamiento en fragua u hornillo. Se desaconseja el calentamiento directo con soplete. El enfriamiento se realizará al aire en calma, sin acelerarlo artificialmente.

b) Se calentará a una temperatura máxima de 950° C (rojo cereza claro), interrumpiéndose la operación cuando la temperatura baje de 700° C (color rojo sombra), para volver a calentar la pieza.

c) Se tomarán todas las precauciones necesarias para no alterar la estructura del acero, ni introducir tensiones parásitas durante las fases de calentamiento y enfriamiento.

4.35. *Conformación de chapas.*—El estampado y/o la embutición de chapas, se realizarán utilizando dispositivos que permitan realizar la operación de una sola vez, y se adoptarán las precauciones indicadas en los artículos 4.33 y 4.34.

Padrá realizarse en frío cuando el espesor de la chapa no sea superior a 9 milímetros y/o el radio de curvatura no sea inferior a 50 veces el espesor.

4.4. *MARCADO DE EJECUCIÓN.*—En esta operación se efectúan sobre los productos preparados todas las marcas precisas para realizar los cortes y perforaciones.

4.41. *Comprobación de los productos.*—Antes de proceder al marcado se comprobará que cada producto tiene la forma exacta, recta o curva, deseada.

4.42. *Realización de las marcas.*—El marcado se realizará por personal especializado en esta operación, ajustándose escrupulosamente a las cotas de los planos de taller y respetando las tolerancias permitidas en el Capítulo 6.

4.43. *Huellas de granete.*—Si el marcado se hace con granete, sus huellas se dispondrán de modo que queden eliminadas necesariamente por operaciones posteriores. En las proximidades de las soldaduras se eliminarán por alisado. Esta precaución es especialmente precisa en las estructuras que hayan de ser sometidas a cargas dinámicas.

4.5. *CORTE.*—Mediante esta operación se cortan las piezas a sus dimensiones definitivas y se ejecutan los biselés, rebajos, etc., indicados en los planos de taller. Puede efectuarse el corte con sierra, disco, cizalla, o máquina de oxicoorte, observando las prescripciones que siguen. Se prohíbe el corte con arco eléctrico.

4.51. *Corte por cizalla.*—El uso de la cizalla se permite solamente para chapas, planos y angulares, de espesor no mayor de 15 milímetros.

4.52. *Oxicoorte.*—El uso de la máquina oxicoorte se permite tomando las precauciones necesarias para que el corte sea regular, y para que las tensiones o transformaciones de origen térmico que se produzcan no ocasionen perjuicio.

4.53. *Repaso de bordes.*—El óxido adherido y las rebabas, estrías o irregularidades de borde, producidas en el corte, se eliminarán posteriormente mediante piedra esmeril, buril y esmerilado posterior, fresa o cepillo, terminándose con esmerilado fino. Esta operación se efectuará con mucho mayor esmero en las piezas destinadas a estructuras que hayan de ser sometidas a cargas dinámicas.

4.54. *Bordes contiguos a soldaduras.*—Todo borde realizado con cizalla o máquina de oxicoorte que haya de quedar en la proximidad de una unión soldada, sin ser fundido durante el soldeo en una profundidad no inferior a 2 milímetros en los

aceros A37 y A42, y no inferior a 5 milímetros en los aceros A52, se mecanizará mediante piedra esmeril, buril y esmerilado posterior, o fresa, para eliminar toda la zona alterada por el corte, en la profundidad no inferior a 2 milímetros en los aceros A37 y A42, y a 5 milímetros en los aceros A52, y en una longitud que rebase en no menos de 30 milímetros cada extremo de la soldadura.

4.55. *Biséles.*—Todo bisel se realizará con las dimensiones y los ángulos marcados en los planos de taller dentro de las tolerancias señaladas en el Capítulo 6. Se recomienda su ejecución mediante máquina herramienta u oxicoorte automático, con las prescripciones del artículo 4.52, y permitiéndose buril y esmerilado posterior, teniendo en cuenta lo previsto en el artículo 4.54.

4.56. *Angulos entrantes.*—Todo ángulo entrante se ejecutará sin arista viva, redondeado con el mayor radio posible, aunque en los planos de taller no se consigne este detalle.

4.57. *Fresado de apoyos.*—Se recomienda fresar los bordes de apoyo de todo soporte en un plano normal a su eje, para conseguir un contacto perfecto con la placa o soporte contiguos, siendo preceptivo hacerlo cuando se indique en el proyecto.

4.6. *PERFORACIONES.*—Los agujeros para roblones y tornillos se perforarán preferentemente con taladro, autorizándose el uso de punzón en los casos indicados en el artículo 4.61 y con las condiciones prescritas en los artículos 4.62 y 4.63.

4.61. *Punzonado.*—El punzón estará siempre en perfecto estado, sin desgaste ni deterioro. Se permite el punzonado en piezas de acero A37 cuyo espesor no sea superior a 15 milímetros, que no se destinen a estructuras sometidas a cargas dinámicas.

En las restantes piezas de acero A37, y en todas las piezas de acero A42 y A52, los agujeros se ejecutarán siempre con taladro.

4.62. *Perforación a diámetro definitivo.*—El taladrado se realizará, en general, a diámetro definitivo, salvo en los agujeros en que sea previsible rectificación para coincidencia, según el artículo 4.63.

No se permite el punzonado a diámetro definitivo.

4.63. *Perforación a diámetro reducido.*—El taladrado se ejecutará con diámetro reducido, 1 milímetro menor que el diámetro definitivo, cuando sea previsible rectificación para coincidencia.

El punzonado se ejecutará con diámetro reducido, 3 milímetros menor que el diámetro definitivo.

4.64. *Rectificación por coincidencia.*—La rectificación de los agujeros de una costura, cuando según el artículo 2.2 sea precisa, se realizará mediante escariador mecánico. Se prohíbe hacerlo mediante broca pasante o lima redonda.

4.65. *Taladrado simultáneo.*—Se recomienda que, siempre que sea posible, se taladren de una sola vez los agujeros que atraviesen dos o más piezas, después de armadas, engrapándolas o atornillándolas fuertemente. Después de taladradas las piezas se separarán para eliminar las rebabas.

4.66. *Agujeros para tornillos calibrados.*—Los agujeros destinados a alojar tornillos calibrados se ejecutarán siempre con taladro de diámetro igual al diámetro nominal de la espiga con las tolerancias indicadas en el artículo 6.61.

4.7. *ARMADO.*—Esta operación tiene por objeto presentar en taller cada uno de los elementos estructurales que lo requieren, ensamblando las piezas que se han elaborado, sin forzarlas, en la posición relativa que tendrán una vez efectuadas las uniones definitivas.

Se armará el conjunto del elemento, tanto el que ha de unirse definitivamente en taller, como el que se unirá en obra.

4.71. *Elementos con uniones roblonadas y atornilladas.*—Las piezas que hayan de unirse con roblones, tornillos calibrados o tornillos de alta resistencia, se fijarán con tornillos de armado, de diámetro no más de dos milímetros menor que el diámetro nominal del correspondiente agujero.

Se colocará el número suficiente de tornillos de armado, para que, apretados fuertemente con llave manual, se asegure la inmovilidad de las piezas armadas y el íntimo contacto entre las superficies de unión.

4.72. *Elementos con uniones soldadas.*—Las piezas que hayan de unirse con soldadura se fijarán entre sí, o a gálibos de armado, con medios adecuados, que aseguren, sin una coacción excesiva, la inmovilidad durante el soldeo y enfriamiento subsiguiente, consiguiéndose así la exactitud pedida y facilitándose el trabajo de soldeo.

Para la fijación no se permite realizar taladros o rebajos que no vengan definidos en los planos de taller.

Como medio de fijación de las piezas entre sí, pueden emplearse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas a unir. El número y el tamaño de los puntos de soldadura será el mínimo suficiente para asegurar la inmovilidad.

Estos puntos de soldadura pueden englobarse en la soldadura definitiva si se limpian perfectamente de escoria, no presentan fisuras u otros defectos, y después de hacer desaparecer con buril, fresa, etc., sus cráteres extremos.

Se prohíbe la práctica viciosa de fijar las piezas a los gálibos de armado con puntos de soldadura.

4.73. *Comprobación de la exactitud.*—Con el armado se comprobará que la disposición y dimensión del elemento se ajustan a las señaladas en los planos de taller.

Se rectificaran o se reharán todas las piezas que no permitan el armado en las condiciones arriba indicadas.

4.74. *Realización de las uniones.*—Después de efectuado el armado, y comprobada su exactitud, se procederá a realizar la unión definitiva de las piezas que constituyen las partes que hayan de llevarse terminadas a la obra. Las prescripciones para las uniones roblonadas y atornilladas se han establecido en el Capítulo 3, y para las uniones soldadas, en el Capítulo 3.

No se retirarán las fijaciones de armado hasta que quede asegurada la indeformabilidad de las uniones.

4.8. *MARCAS DE IDENTIFICACIÓN.*—En cada una de las piezas preparadas en el taller se pondrá, con pintura o lápiz graso, la marca de identificación con que ha sido designada en los planos de taller para el armado de los distintos elementos.

Asimismo cada uno de los elementos terminados en el taller llevará la marca de identificación prevista en los planos de taller para determinar su posición relativa en el conjunto de la obra.

CAPITULO 5. MONTAJE EN OBRA

5.1. *PROGRAMA DE MONTAJE.*—El constructor, basándose en las indicaciones del proyecto, redactará un programa de montaje detallando los extremos siguientes:

- a) Distribución de la ejecución en fases, orden y tiempos de montaje de los elementos de cada fase.
- b) Descripción del equipo que empleará en el montaje de cada fase.
- c) Apeos, cimbras u otros elementos de sujeción provisional.
- d) Personal preciso para realizar cada fase con especificación de su calificación profesional.
- e) Elementos de seguridad y protección del personal.
- f) Comprobación de los replanteos.
- g) Comprobación de las nivelaciones, alineaciones y aplomos.

Este programa se presentará al director de obra y se requiere su aprobación antes de iniciar los trabajos en obra.

5.2. *ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.*—Los elementos componentes de la estructura estarán de acuerdo con las dimensiones y detalles de los planos de taller y prescripciones consignadas en el pliego de condiciones del proyecto, y llevarán las marcas de identificación prescritas en el artículo 4.8.

5.3. *EQUIPO DE MONTAJE.*—La capacidad y calidad de la instalación y equipo de montaje se ajustarán a lo detallado en el programa de montaje y satisfarán a la dirección de la obra, estando siempre en buenas condiciones de funcionamiento.

5.4. *MANIPULACIÓN.*—El almacenamiento y depósito de los elementos constitutivos de la obra se hará de una forma sistemática y ordenada para facilitar su montaje.

Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte, almacenamiento a pie de obra y montaje, se realizarán con el cuidado suficiente para no provocar solicitaciones excesivas en ningún elemento de la estructura y para no dañar ni a las piezas ni a la pintura. Se cuidarán especialmente, protegiéndolas si fuese necesario, las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, cables o ganchos a utilizar en la elevación o sujeción de las piezas de la estructura.

Se corregirá cuidadosamente, antes de proceder al montaje, cualquier abolladura, comba o torcedura que haya podido provocarse en las operaciones de transporte. Si el defecto no puede ser corregido, o se presume que después de corregido puede afectar a la resistencia o estabilidad de la estructura, la pieza en cuestión se rechazará, marcándola debidamente para dejar constancia de ello.

5.5. *ASIENTO DE LAS BASES DE LOS PILARES.*—Las bases de los pilares del piso inferior de una estructura se apoyarán sobre las cimentaciones mediante cuñas de acero, recomendándose que la separación entre ambas esté comprendida entre 40 milímetros y 80 milímetros. Después de acuñadas las bases se procederá a la colocación del número conveniente de vigas del primer piso y entonces los pilares se alinearán y aplomarán.

Los espacios entre las bases de los pilares y la cimentación se limpiarán después perfectamente y se rellenarán completamente, retacando, con mortero u hormigón de cemento portland y árido cuya máxima dimensión no sea superior a 1/5 del espesor del espacio a rellenar, y de dosificación no inferior a 1:2

La consistencia del mortero u hormigón de relleno será la conveniente para asegurar el completo llenado; en general, será fluida hasta espesores de 50 milímetros y más seca para espesores mayores

5.6. *ASIENTO DE LOS EMPARRILLADOS DE CIMENTACIÓN.*—El espacio bajo el emparrillado de vigas y el comprendido entre las vigas se rellenarán con mortero u hormigón del mismo modo que se especifica para las bases de los pilares.

No se efectuará el relleno del emparrillado hasta que los pilares hayan sido alineados, aplomados y nivelados.

5.7. *MONTAJE.*—La sujeción provisional de los elementos durante el montaje se asegurará con tornillos, grapas u otros procedimientos que resistan los esfuerzos que puedan producirse por las operaciones de montaje.

En el montaje se realizará el ensamble de los distintos elementos, de modo que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller, con las tolerancias establecidas en el Capítulo 6. Se comprobará, cuantas veces fuera preciso, la exacta colocación relativa de sus diversas partes.

No se comenzará el roblonado, atornillado definitivo o soldado de las uniones de montaje hasta que no se haya comprobado que la posición de los elementos de cada unión coincide exactamente con la posición definitiva.

Si se han previsto elementos de corrección no se comenzarán las operaciones de cada unión hasta que se haya comprobado que la posición relativa de los elementos a unir es la debida y que la desviación entre la forma actual y la definitiva podrá ser anulada con los citados medios de corrección.

En las uniones roblonadas y atornilladas a realizar en montaje es obligatorio seguir las prescripciones establecidas en el Capítulo 2 de esta norma.

En las uniones soldadas a realizar en montaje es obligatorio seguir las prescripciones que establece el Capítulo 3 de esta norma

Las uniones de montaje y otros dispositivos auxiliares se retirarán solamente cuando se pueda prescindir de ellos estáticamente.

El ritmo de la ejecución de forjados y muros, respecto del de la estructura, se ajustará a lo que sobre ello figura en el proyecto. Se recuerda la conveniencia, por razones de seguridad, de no efectuar montaje de vigas y pilares a más de dos plantas sobre el último forjado colocado.

CAPITULO 6. TOLERANCIAS

6.1. *ESPECIFICACIÓN DE LAS TOLERANCIAS.*—Las tolerancias en las dimensiones, forma y peso para la ejecución y montaje de una estructura vienen especificadas en el pliego de condiciones del proyecto.

Cuando una tolerancia no venga expresamente definida en el proyecto, su valor será el establecido en los artículos 6.3 a 6.6.

6.2. *COMPROBACIÓN DE LAS DIMENSIONES.*—La medición de las longitudes se efectuará con regla o cinta metálica, de exactitud no menor de 0,1 milímetros en cada metro, y no menor de 0,1 por 100 en longitudes mayores.

La medición de las flechas de las barras se efectuará materializando, con un alambre tesado, una línea recta que pase por puntos correspondientes de las secciones extremas.

6.3. *TOLERANCIAS EN LOS PERFILES Y CHAPAS.*—Las tolerancias dimensionales y en peso para la recepción de los perfiles y chapas son las establecidas en la norma MV 102.

6.4. *ELEMENTOS REALIZADOS EN TALLER.*—Todo elemento estructural: Pilar, viga, cercha, etc., fabricado en taller y enviado a obra para su montaje, cumplirá las tolerancias siguientes:

6.4.1. *Tolerancias en la longitud.*—La tolerancia en la longitud del elemento estructural, será la definida en la tabla 6.1.

TABLA 6.1

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Longitud m.	Tolerancia mm.
Hasta 1,000	± 3
1,001 a 3,000	± 3
3,001 a 6,000	± 4
6,001 a 10,000	± 5
10,001 a 15,000	± 6
15,001 a 25,000	± 8
25,001 o mayor	± 10

6.42. *Tolerancias en la forma.*—La tolerancia en la flecha *f* de todo elemento estructural recto, de longitud *l*, será el menor de los dos valores siguientes:

$$\frac{l}{1500}; 10 \text{ mm.}$$

En los elementos compuestos de varias barras, como cerchas, vigas de celosía, etc., la tolerancia se refiere a cada barra, siendo *l* su longitud entre nudos, y a los conjuntos de barras, siendo *l* la longitud entre nudos extremos.

6.5. *CONJUNTOS MONTADOS EN OBRA.*—Todo conjunto de elementos estructurales montado en obra, cumplirá las tolerancias siguientes:

6.51. *Tolerancias dimensionales.*—La tolerancia de las dimensiones fundamentales del conjunto montado será la suma de las tolerancias de los elementos estructurales, según el artículo 6.4 sin sobrepasar ± 15 milímetros.

6.52. *Desplomes.*—La tolerancia en el desplome de un pilar de una estructura, medido horizontalmente entre los plomos de dos pisos consecutivos, o de pisos cualesquiera, siendo *h* la diferencia de altura entre ellos, será el menor de los dos valores siguientes:

$$\frac{h}{1000}; 25 \text{ mm.}$$

La tolerancia en el desplome de una viga de canto *d*, medido en las secciones de apoyo, será:

$$\begin{array}{l} \text{vigas en general: } \frac{d}{250} \\ \text{vigas carril: } \frac{d}{500} \end{array}$$

6.6. *UNIONES.*—En las uniones se admitirán las tolerancias siguientes:

6.61. *Agujeros para roblones y tornillos.*—Las tolerancias en agujeros destinados a roblones, tornillos ordinarios, tornillos calibrados y tornillos de alta resistencia, cualquiera que sea el método de perforación, serán las de la tabla 6.2.

TABLA 6.2
TOLERANCIA EN LOS AGUJEROS

Diámetro del agujero mm	Tolerancia en		
	Separaciones y alineaciones mm	Diámetro calibrados para tornillos mm	Diámetro para roblones y otros tornillos mm
11	± 1	$- 0,00$	
13, 15 17	$\pm 1,5$	mm	
19, 21, 23	± 2	$+ 0,15$	± 1
28	± 3		

6.62. *Soldaduras.*—Las tolerancias en las dimensiones de los biseseles de la preparación de bordes y en la garganta y longitud de las soldaduras, serán las de la tabla 6.3.

TABLA 6.3
TOLERANCIA EN LAS SOLDADURAS

Dimensión mm	Tolerancia mm
Hasta 15	$\pm 0,5$
16 a 50	± 1
51 a 150	± 2
151 o mayor	± 3

CAPITULO 7. PROTECCIONES

7.1. *ESPECIFICACIONES SOBRE LAS PROTECCIONES.*—Los tipos de protección del acero, clases y características de las pinturas a utilizar, número de capas, colores, acabados, etc., se especifican en el pliego de condiciones del proyecto.

En todo aquello que no venga expresamente definido en el proyecto se seguirán las prescripciones de esta norma.

7.2. *SUPERFICIES EN CONTACTO.*—Las superficies que hayan de quedar en contacto las uniones de la estructura se limpiarán en la forma especificada en artículo 4.31 y no se pintarán, salvo expresa indicación contraria, en cuyo caso estas superficies se unirán stando fresca la pintura.

Las superficies que hayan de quedar en contacto en las uniones con tornillos de alta resistencia, no se pintarán nunca y recibirán una limpieza o tratamiento de acuerdo con las condiciones establecidas en el artículo 2.7.

Las superficies que hayan de soldarse, no estarán pintadas, ni imprimadas en una zona de anchura mínima de 100 milímetros desde el borde de la soldadura. Si se precisa una protección temporal se pintarán con pintura fácilmente eliminable, y se procederá a una cuidadosa eliminación antes del soldeo.

7.3. *SUPERFICIES CONTIGUAS AL TERRENO.*—Para evitar posibles corrosiones es preciso que las bases de pilares y partes estructurales que puedan estar en contacto con el terreno, queden embebidas en hormigón.

No se pintarán estos elementos; para evitar su oxidación, si han de permanecer algún tiempo a la intemperie, se recomienda su protección con lechada de cemento.

7.4. *CONDICIONES DE LA PINTURA.*—La pintura se llevará en recipientes cerrados, con la etiqueta de su fabricante.

Si en el proyecto no se especifica otra cosa, la pintura, en los elementos estructurales envueltos por otros materiales, o al aire en interiores, asegurará una protección no menor que la proporcionada por dos capas de pintura tradicional que contenga 30 por 100 de aceite de linaza cocido, y en los elementos expuestos a la intemperie, no meno. que la proporcionada por tres capas de la misma pintura.

Antes del pintado se presentarán muestras de pintura para realizar los análisis y ensayos prescritos en el proyecto y se pintarán muestras para juzgar del color y acabado.

7.5. *PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES.*—Las superficies que hayan de pintarse se limpiarán cuidadosamente, eliminando todo rastro de suciedad, escarilla, óxido, gotas de soldadura, escoria, etc., de forma que queden totalmente limpias y secas.

La limpieza se realizará con rasqueta y cepillo de púas de alambre, o bien cuando así se especifique, por decapado, chorro de arena u otro tratamiento. Las manchas de grasa se eliminarán con disoluciones alcalinas.

7.6. *EJECUCIÓN DEL PINTADO.*—En la ejecución del pintado deben tenerse en cuenta las condiciones de uso indicadas por el fabricante de la pintura.

Cuando el pintado se realice al aire libre no se efectuará en tiempo de heladas, nieve o lluvia, ni cuando el grado de humedad del ambiente sea tal que se prevean condensaciones en las superficies a pintar.

Entre la limpieza y la aplicación de la capa de imprimación transcurrirá el menor espacio de tiempo posible, no siendo recomendable más de ocho horas.

Entre la capa de imprimación y la segunda capa transcurrirá el plazo de secado fijado por el fabricante de la pintura, y si no está especificado, un mínimo de treinta y seis horas. Igualmente entre la segunda capa y la tercera, cuando exista.

7.7. *PINTADO EN TALLER.*—Todo elemento de la estructura, salvo los indicados en los artículos 7.2 y 7.3, recibirá en taller una capa de imprimación antes de ser entregado a montaje.

La capa de imprimación se aplicará con la autorización del director de obra, después de que haya realizado la inspección de las superficies y de las uniones de la estructura terminada en taller.

Las partes que vayan a quedar de difícil acceso después de su montaje, pero sin estar en contacto, recibirán la segunda capa de pintura y la tercera si está prescrito, después de los correspondientes plazos de secado.

El pintado se efectuará preferentemente en un local cubierto, seco y al abrigo del polvo. Si ello no es practicable, podrá efectuarse al aire libre en las condiciones indicadas en el artículo 7.6.

7.8. *PINTADO EN OBRA.*—Después de la inspección y aceptación de la estructura montada, se limpiarán las cabezas de roblones y tornillos, se picará la escoria y se limpiarán las zonas de las soldaduras efectuadas en obra, y si se hubiese deteriorado la pintura de alguna zona, se limpiará ésta, dando a continuación sobre todo ello la capa de imprimación con la misma pintura empleada en el taller.

Transcurrido el plazo de secado se dará a toda la estructura la segunda capa de pintura y, cuando así esté especificado, la tercera capa.

No se pintarán los tornillos galvanizados o con otra protección antióxido.