

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Archivos de corte por parte de WESCO.....	2
Apéndice B. Archivos de corte por parte de HYDROBAS.....	2
Apéndice C. Ejemplo de la ruta de acceso de la gestión documental de los planos en la empresa.	3
Apéndice D. Formato para la impresión, almacenaje y estructura de planos en MAQMO	4
Apéndice E. Lineamientos técnicos para el diseño de planos (formato operativo).....	14

Apéndice A. Archivos de corte por parte de WESCO.

<https://www.wesco.com.co/default.asp?iID=GFMKLE>

<https://www.wesco.com.co/userfiles/file/instructivo-corte-laser-acero-csw.pdf>

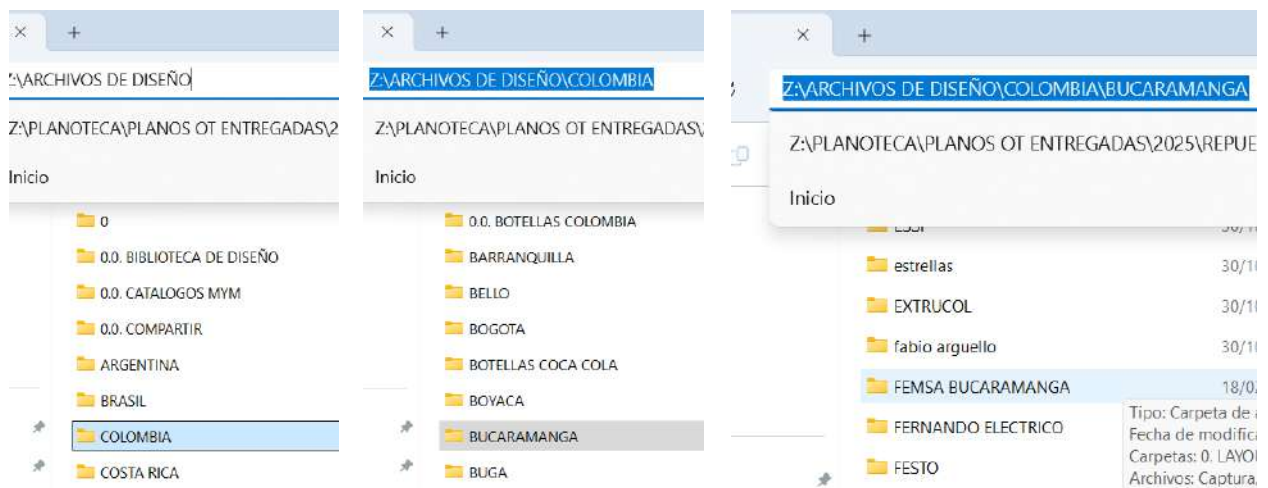
<https://www.wesco.com.co/userfiles/file/instructivo-plegado-acero-csw.pdf>

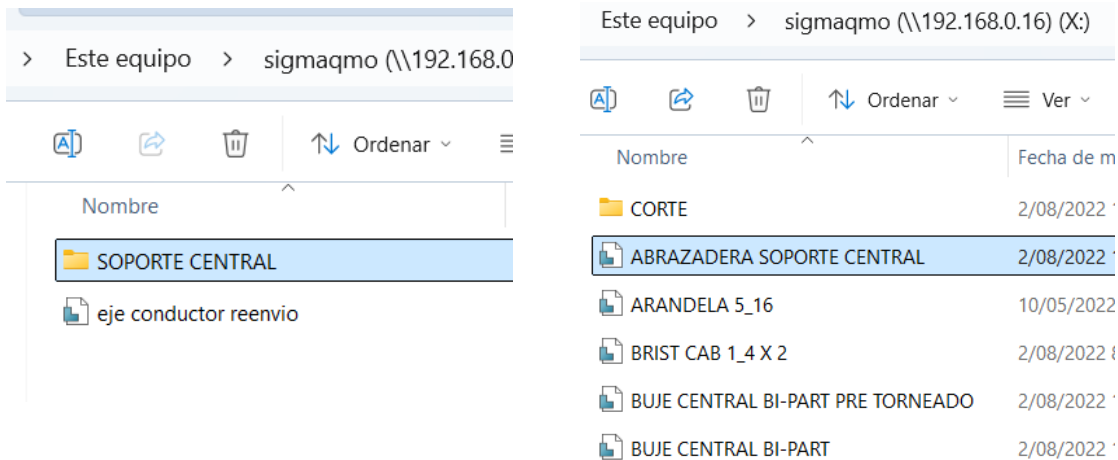
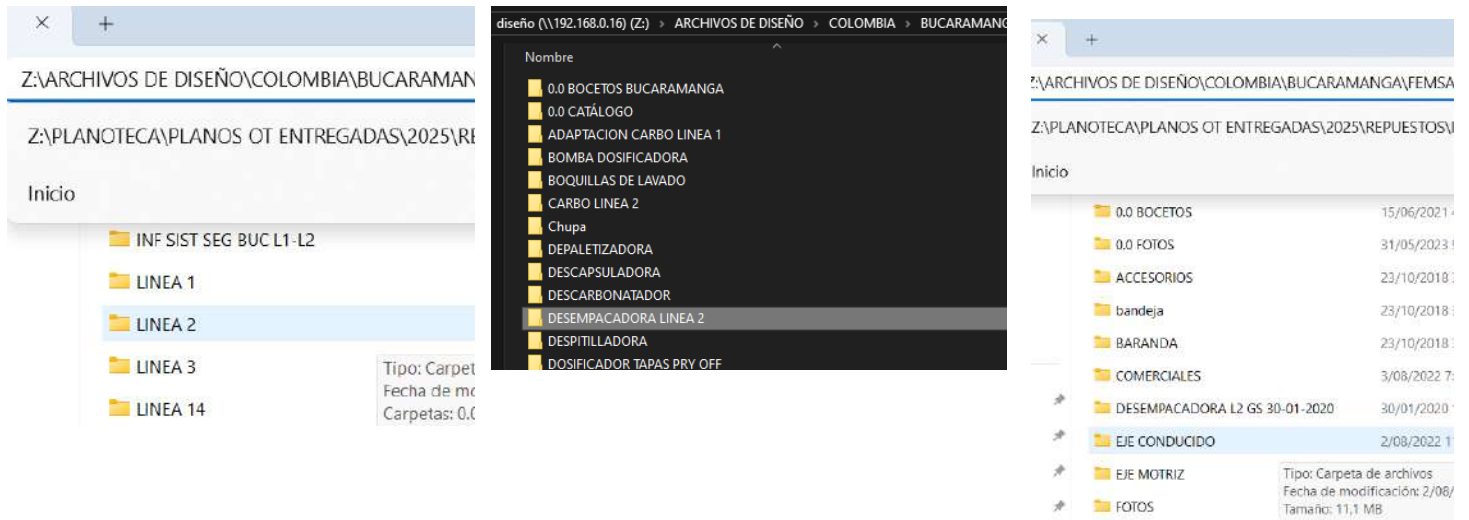
Apéndice B. Archivos de corte por parte de HYDROBAS.



<https://hydrobas.co/corte-laser/>

Apéndice C. Ejemplo de la ruta de acceso de la gestión documental de los planos en la empresa.





Nota. **Las líneas** son zonas de organización en las cuales están ubicadas las maquinas en el local de la empresa de forma lineal.

Apéndice D. Formato para la impresión, almacenaje y estructura de planos en MAQMO

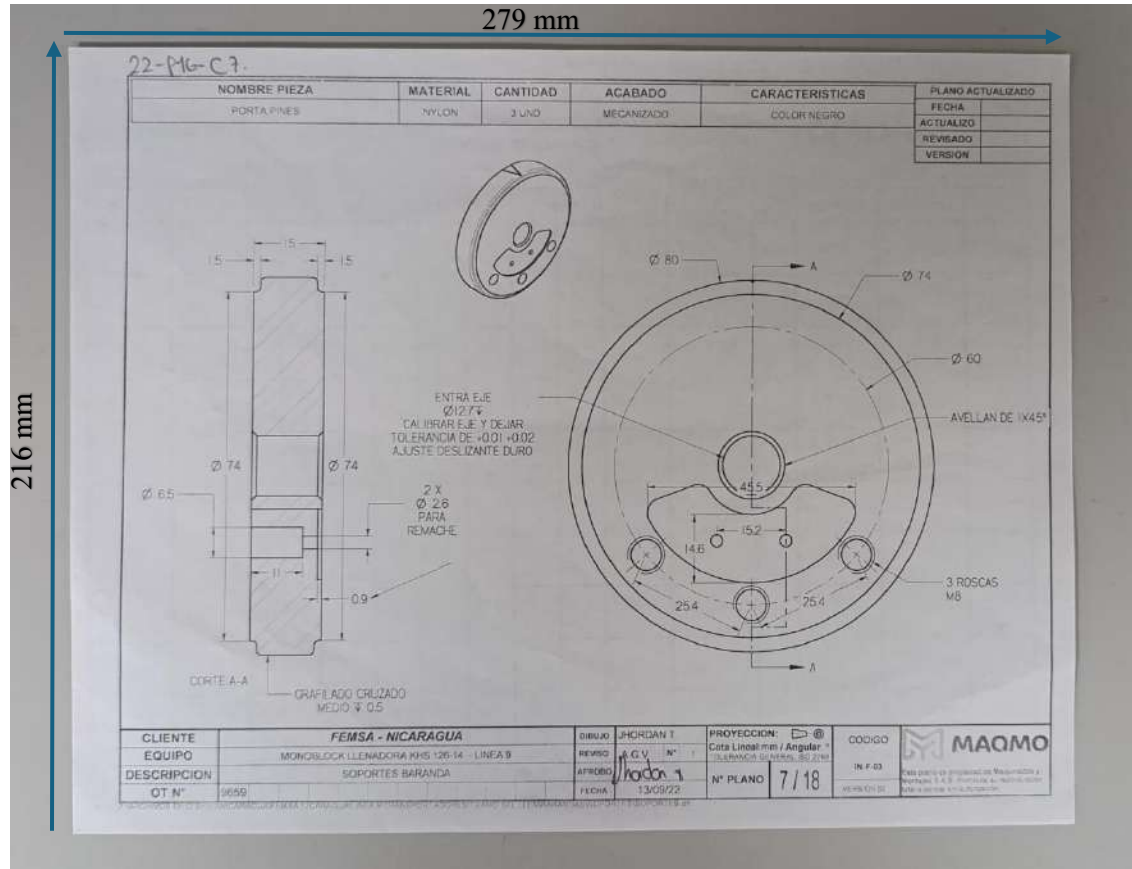
Para el sistema de organización y gestión de planos tenemos lo siguiente:

Formatos y características del plano

Primero, con respecto a las dimensiones de las hojas impresas en la empresa tenemos las siguientes:

Figura 1

Dimensiones de la hoja impresa en la empresa MAQMO



Nota. Imagen tomada de un plano físico en planoteca. Fuente: Elaboración propia.

Vemos de la figura 1, que la dimensiones son 216 mm x 279 mm, el cual corresponde al tamaño carta estándar de las papelerías comunes, sin embargo, el formato A4 que se presenta en la tabla 1 (210 mm x 297 mm) es uno de los recomendados para los dibujos técnicos según la norma NTC-ISO 5457:1999, ahora bien, la empresa adopto el tamaño carta debido a la accesibilidad de conseguir resmas de papel tamaño carta (figura 2), que permiten la impresión de los planos, manteniendo una dimensión en la que se logra ver la pieza diseñada y las demás características del plano que se verán en las siguientes secciones.

Figura 2

Resma de papel tamaño carta



Nota. Resma de papel utilizada en la empresa para la impresión de los planos.

Con respecto a la encuadernación de estos planos en físico, la empresa utiliza carpetas de aros con una capacidad de 450 hojas, de altura 300 mm x ancho de 296.83 (figura 3) mm de tal forma que permita la organización en planoteca (figura 4) de estos archivos según la codificación de archivos de la empresa.

Figura 3

Carpeta de aros



Nota. Esta carpeta sirve para organizar los planos en la empresa según codificación. Fuente: elaboración propia.

Figura 4

Planoteca



Nota. Planoteca de la empresa, que sirve para la organización de los planos de diseño.

Fuente: elaboración propia.

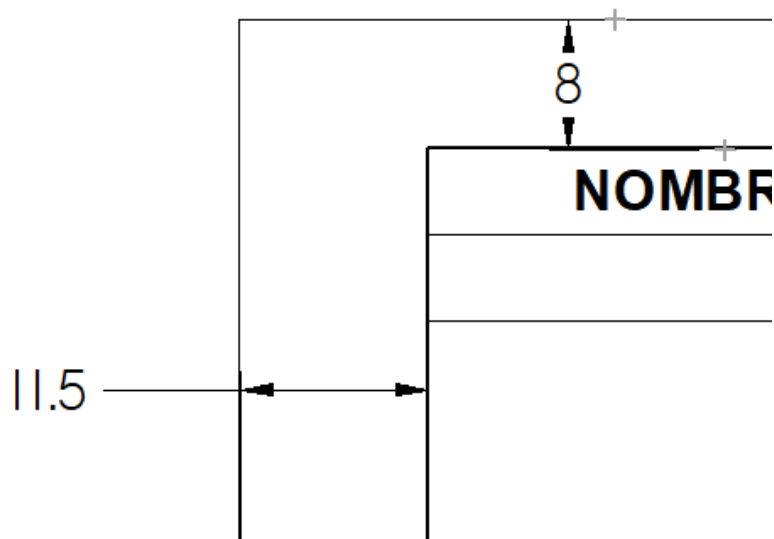
Aunque la Norma NTC 1001 y NTC-ISO 5457:1999 presente el A4 como formato característico de la hoja para el dibujo técnico en ingeniería, la empresa adopto un formato (tamaño carta) que no se aleja mucho de las dimensiones propuestas por las normas antes mencionadas. Pues como menciona la norma NTC-ISO 5457:1999 “el dibujo original debe realizarse en el formato más pequeño que permita la claridad y nitidez requeridas” (p.01). Esta aclaración va en concordancia con el formato adoptado por parte de la empresa.

Ahora, con respecto al área de dibujo, la norma NTC-ISO 5457:1999 da los márgenes y marcos recomendados (El margen del lado izquierdo debe tener un ancho de 20 mm, con el ancho

incluido, y el resto de los márgenes tienen un ancho de 10 mm). Con respecto al formato de la empresa, se presenta solo el margen utilizado, sin embargo, este no utiliza el margen ni el marco recomendado por la norma, ya que no fue necesario cumplir rigurosamente con esta especificación, pues la empresa en sus 30 años ya ha establecido estas dimensiones y según la experiencia, le ha funcionado adecuadamente este formato.

Figura 5

Márgenes de la empresa



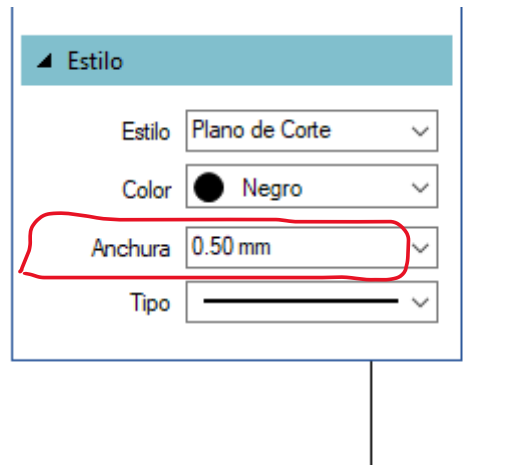
Nota. Esta figura muestra las dimensiones del margen utilizado en los planos de la empresa.

Fuente: elaboración propia.

Según la norma NTC-ISO 5457:1999, el marco que delimita el área de dibujo se debe trazar con líneas continuas de un grosor de 0.7 mm.

Figura 6

Grosor de línea



Nota. Esta figura muestra el grosor de línea (0.5 mm) que delimita los planos de la empresa.

Fuente: elaboración propia.

En este caso, el grosor de línea que delimita el plano también difiere de la norma NTC-ISO 5457:1999. Las demás consideraciones de esta norma no son utilizadas en el formato de la hoja de la empresa, ya que estas tienen que ver con el formato de la serie A.

Con respecto a la norma NTC-ISO 7200:2004 se especifican los campos de datos que se utilizan en los rótulos y en los encabezados de los documentos técnicos de productos. En **MAQMO** se utiliza el siguiente campo de datos para identificar sus planos

Figura 7

Rotulado de plano en la empresa MAQMO.

CLIENTE	FEMSA - COSTA RICA	DIBUJO	JHOAN L.		PROYECCION:		CODIGO	
EQUIPO	DEPALETIZADORA SAN MARTIN LINEA 6	REVISO	C.J	N° 1	Cota Lineal:mm / Angular:° TOLERANCIA GENERAL ISO 2768		IN - F-03	Este plano es propiedad de Maquinados y Montajes S.A.S. Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización.
DESCRIPCION	SISTEMA SEGURIDAD PARACAIDAS - PASACABLES	APROBO			N° PLANO	1 / 3	VERSION 03	
OT N°	10967	FECHA	12/04/25					

Z:\ARCHIVOS DE DISEÑO\COSTA RICA\FEMSA\LINEA 6\DEPALETIZADORA\SIST SEGURIDAD\SISTEMA PARACAIDAS\PASACABLES\PASACABLES PARA COMPACTADOR.dft

Nota. Esta figura muestra el rotulado de información presentada en los planos de la empresa. Fuente: elaboración propia.

En el que se identifican los siguientes puntos:

- Propietario legal (MAQMO)
- Índice de revisión.
- Fecha de edición.
- Numero de segmento/hoja.
- Número de identificación (OT N° y código IN-F-03 que es la codificación adoptada en la empresa para procesos internos)

Los documentos se codifican mediante una combinación de letras, guiones y números separados. Este código es asignado por el Líder SIG (Sistema integral de gestión).

El primer grupo corresponde al tipo de proceso constituido por 1 o 2 letras según corresponda:

Tabla 1

Campos de datos de codificación

CÓDIGO	PROCESO
DG	Gestión De Dirección General
GI	Gestión Integral
IN	Gestión Ingeniería y Diseño
PR	Gestión De Producción
PY	Gestión De Proyectos
AB	Gestión De Abastecimiento
AD	Gestión Administrativa y RRHH
FC	Gestión Financiera y Contable

CO	Gestión Comercial
-----------	-------------------

El segundo grupo corresponde al tipo de documento identificado de la siguiente manera:

CÓDIGO	TIPO DE DOCUMENTO
P	Procedimiento
I	Instructivo
F	Formato
M	Manuales
C	Caracterización
O	Otros

El tercer grupo corresponde al número de consecutivo de cada tipo de documento.

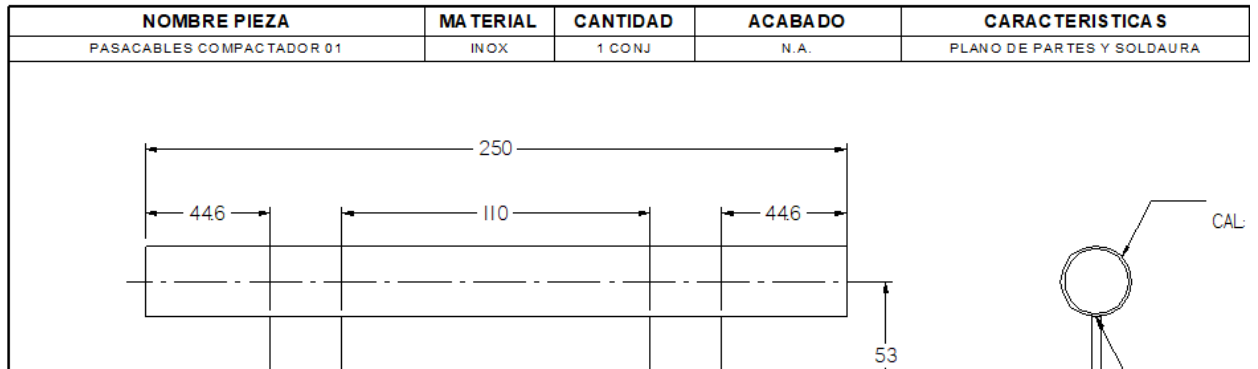
AD	P	01	El procedimiento
Tipo de proceso	Nombre del documento	Número consecutivo	número 01 es Administrativo

Nota. Estas tablas muestran la información necesaria para la codificación de documentos en la empresa. Fuente: Elaboración propia.

Según la norma NTC-ISO 7200:2004, se presentan los campos de datos descriptivos en el rotulo. En **MAQMO** se utiliza el siguiente campo de datos para identificar sus planos

Figura 8

Encabezado del plano en la empresa MAQMO.



Nota. Esta figura muestra el rotulado de información presentada en los planos de la empresa. Fuente: elaboración propia.

Según la norma NTC-ISO 7200:2004, se presentan los campos de datos administrativos en el rotulo. En **MAQMO** se utiliza el siguiente campo de datos para identificar sus planos:

Figura 9

Encabezado administrativo del plano en la empresa MAQMO.

PLANO ACTUALIZADO	DIBUJO JHOAN L.	PROYECCION:	
FECHA	REVISO C.J N° 1	Cota Lineal: mm / Angular: °	
ACTUALIZO		TOLERANCIA GENERAL ISO 2768	
REVISADO	APROBO	N° PLANO	1 / 3
VERSION	12/04/25		

Nota. Esta figura muestra el rotulado de información presentada en los planos de la empresa. Fuente: elaboración propia.

En el que se identifican los siguientes puntos:

- Referencia técnica (ISO 2768).
- Aprobado por.
- Creado o dibujado por.
- Estado del documento.
- Numero de página.

Apéndice E. Lineamientos técnicos para el diseño de planos (formato operativo)

Este anexo contiene los lineamientos operativos y las plantillas prácticas requeridas para aplicar, en el diseño de planos de MAQUINADOS Y MONTAJES S.A.S., los estándares de diseño, simbología, acotación, tolerancias y especificaciones técnicas definidas en la sección principal. Los contenidos están pensados para ser de uso directo por el área de diseño: incluyen convenciones gráficas, formatos, simbologías, textos de llamada (callouts), ejemplos de acotación y listas de verificación para control de calidad.

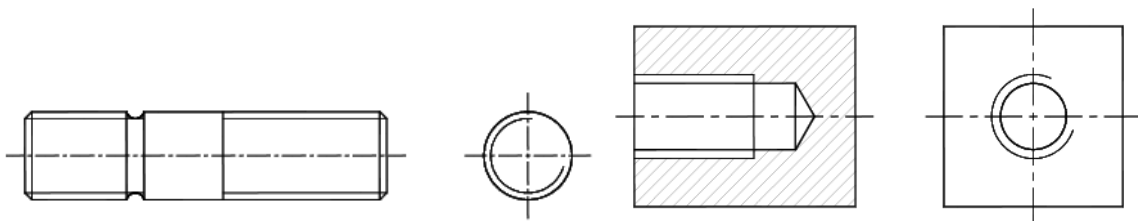
E.1 Acotación y especificación de roscas

Propósito: Establecer las reglas y el formato uniforme para representar, dimensionar y rotular roscas en los planos de la empresa, de modo que la información técnica sea inequívoca para fabricación, inspección y montaje.

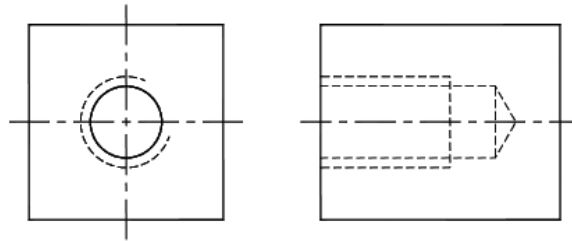
Base normativa: Las reglas sintetizadas en este apartado se derivan de la NTC 1993 (ISO 6410-1), que establece las convenciones generales para la representación de tornillos, roscas y partes roscadas en dibujos técnicos.

E.1.1 Representación gráfica (convenciones)

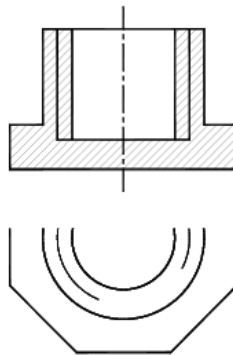
La representación de las roscas y partes roscadas en todos los tipos de dibujo se simplifica como:



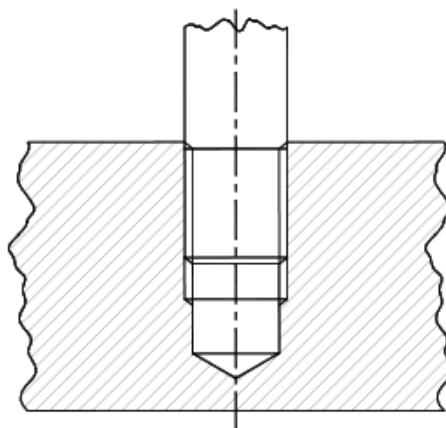
Roscas ocultas: representar con línea punteada, como se muestra a continuación:



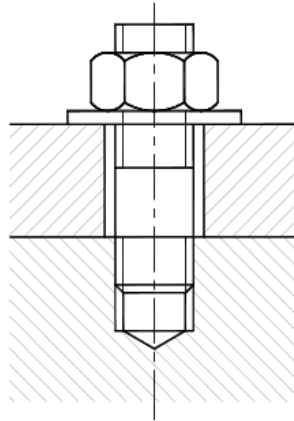
En secciones, el sombreado del material se extiende hasta la línea que define las crestas, como se muestra:



La longitud total de la rosca visible se marca con línea continua gruesa; si es oculta, con línea punteada.



Para las partes roscadas ensambladas se identifican de la siguiente forma:



E.1.2 Designación de la rosca en el plano (Llamada)

El formato general de designación debe incluir: clase de rosca, diámetro nominal, paso, longitud, clase de tolerancia y dirección del paso. Ejemplos recomendados:

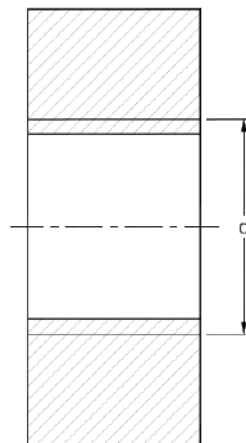
ROSCA M20 x 2 - 6G/6h - LH

M20 x L3 - p1,5 - 6H-S

Tr 40 x 7

E.1.3 Dimensiones y acotación

El diámetro nominal (d) se refiere a la cresta para roscas externas y al fondo para internas.



La longitud de rosca se dimensiona por la profundidad total; indicar explícitamente si el alcance es funcional.

Para agujeros ciegos o pasantes, se puede obviar esta anotación o se puede poner 1.5 x la longitud de rosca cuando no se indique otra profundidad.

E.1.4 Indicaciones especiales

En general las roscas derechas no llevan anotación, pero las roscas izquierdas deben anotarse con la abreviatura LH.

Cuando la tolerancia o el engrane sean críticos, incluir la clase (6H, 6g) y letras para engrane (C, L, N).

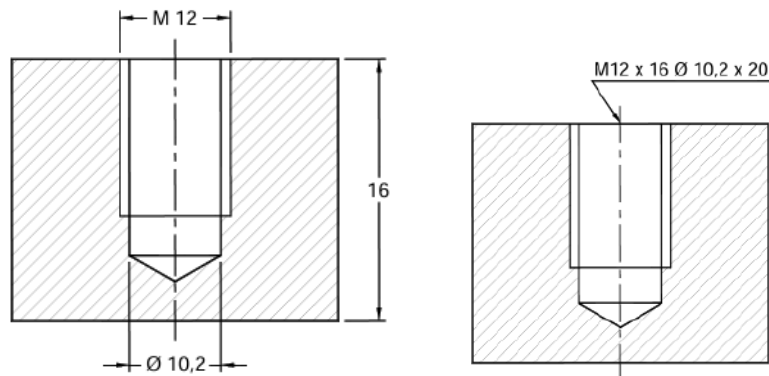
Si se requiere acabado superficial específico en la rosca, indicar el símbolo conforme a la sección de acabados superficiales.

E.1.5 Plantillas para acotación

Plantilla estándar:

ROSCA: M[d] x [paso] - [longitud] - [Clase]/[tolerancia] - [LH/RH opcional]

Ejemplo: ROSCA: M20 x 2 - 30 - 6g – LH



E.1.6 Lista de verificación (checklist)

Verificación	Cumple (✓/X)
La representación gráfica es adecuada (simplificada o detallada según el caso).	
El plano contiene tipo, diámetro nominal, paso, longitud y dirección.	
Se indica la clase de tolerancia cuando el ajuste es crítico.	
Para agujeros ciegos se aplica la regla 1,25× longitud si no se especifica otra profundidad.	
El sombreado en secciones llega hasta las crestas de la rosca.	
El formato del plano cumple el estándar de la empresa.	

E.2 Secciones, cortes y vistas de detalle para claridad en el plano

Propósito: Su propósito es garantizar la legibilidad, uniformidad y precisión en la comunicación gráfica del producto.

Base normativa: Principios establecidos por la NTC-ISO 128-3:2022 y la NTC-ISO/TS 128-71:2010.

E.2.1 Conceptos básicos

- **Corte:** Vista en sección que muestra los contornos visibles y aquellos más allá del plano de corte.

- **Sección:** Representación de un objeto mediante uno o varios planos de corte que permiten visualizar su estructura interna.

- **Dibujo técnico:** representación gráfica que permite describir un producto o instalación con fines de fabricación o montaje.

E.2.2 Convenciones básicas para las vistas

La vista principal debe ser la más informativa del objeto, representando su posición de funcionamiento, fabricación o montaje. Cada vista adicional se identifica con una letra mayúscula junto a una flecha de referencia, indicando la dirección de observación. Las letras deben ubicarse normal al sentido de lectura, y las flechas ajustarse según el Anexo A de la NTC-ISO 128-3.

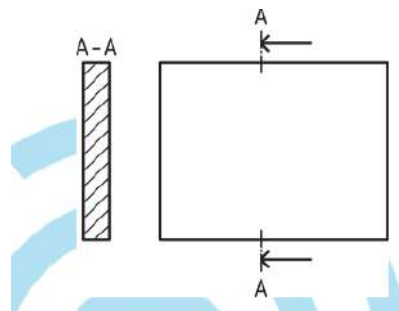
Buenas prácticas:

Evitar duplicar vistas innecesarias.

Preferir vistas que reduzcan líneas ocultas.

Evitar la repetición innecesaria de un detalle.

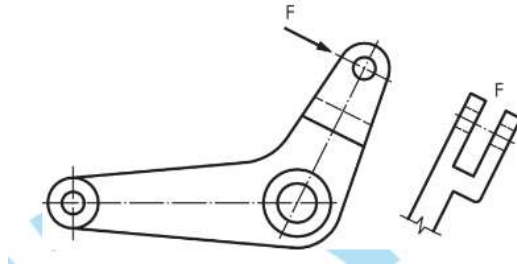
La posición del plano o planos de corte se debe indicar mediante una línea de corte, representada con una línea discontinua punteada ancha (tipo 10.2), de acuerdo con los Anexos E y G de la NTC-ISO 128-2: 2022. Se debe dibujar un plano de corte recto como se muestra:



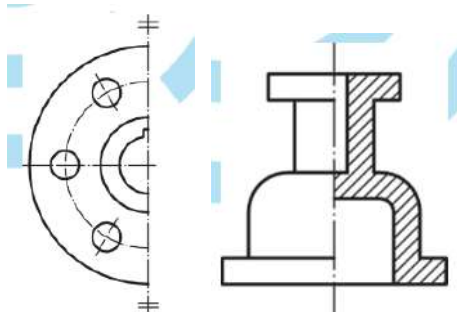
Si el plano de corte cambia de dirección, la línea de corte solo se debería dibujar en los extremos del plano de corte, donde el plano de corte cambia de dirección (véase la Figura 13).

E.2.3 Tipos de vistas y secciones

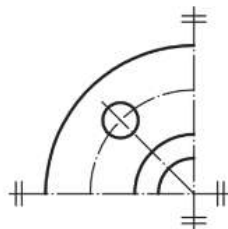
- **Vistas parciales:** se utilizan cuando solo se requiere ilustrar una parte específica del objeto, delimitadas con línea continua estrecha en zigzag, como sigue:



- **Vistas simplificadas de piezas simétricas:** se recomienda dibujar únicamente una mitad, usando línea de simetría inclinada.

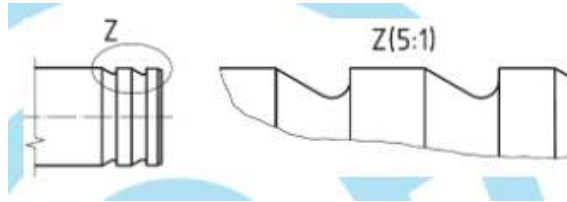


- **Secciones completas y parciales:** muestran la totalidad o parte del objeto cortado por un plano; el sombreado debe ser uniforme, con ángulo de 45°.



- **Vistas de detalles:** Cuando la escala de un dibujo técnico no permita mostrar o dimensionar claramente todas las características, las características poco claras se deben encerrar o rodear por una línea continua estrecha (tipo 01.1), identificando la zona así delimitada con una

letra mayúscula. Las características de la zona también se deben mostrar a escala ampliada, en una vista de detalle. Esta debe ir acompañada de la letra de identificación y de una indicación de la escala, situada junto a ella entre paréntesis, como se muestra:



E.2.4 Representación e identificación de cortes y secciones

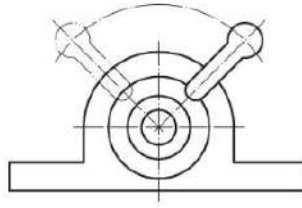
Los planos de corte deben identificarse con líneas de trazo y punto, terminadas con flechas que indiquen la dirección de observación. Las secciones se designan con letras repetidas (A-A, B-B). Si el plano de corte no está en la misma hoja, debe indicarse su referencia o coordenada.

Las superficies cortadas deben representarse con un tramado uniforme a 45°, empleando líneas finas y espaciadas regularmente, como sigue:



Las secciones delgadas o láminas metálicas se pueden representar en negro sólido, dejando un espacio mínimo de 0,7 mm entre zonas contiguas. Los ejes, tornillos, pasadores y elementos normalizados no deben sombreadarse.

Para las partes móviles, en dibujos técnicos de montaje, se pueden mostrar las posiciones alternativas y extremas de las partes móviles, dibujadas con líneas discontinuas largas de doble punteado estrechas (tipo 05.1), como en la siguiente figura:

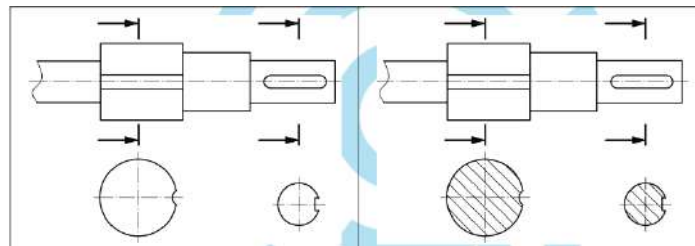


E.2.5 Aplicación de métodos simplificados

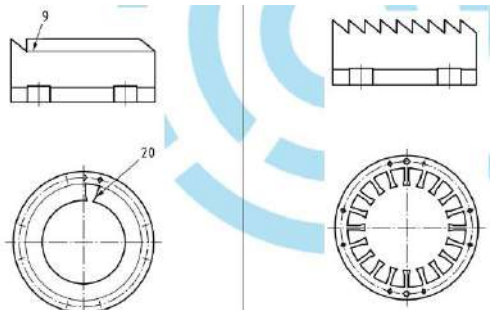
Los métodos simplificados son aplicables cuando la representación detallada no aporta valor adicional. Se permiten cortes parciales, rotaciones o desplazamientos de piezas repetitivas, siempre que no afecten la interpretación. Las piezas normalizadas (tornillos, pasadores, rodamientos) no deben sombreadse en secciones de conjuntos.

De acuerdo con la NTC-ISO/TS 128-71:2010, se permite simplificar la representación cuando no afecta la interpretación técnica. Las principales simplificaciones incluyen:

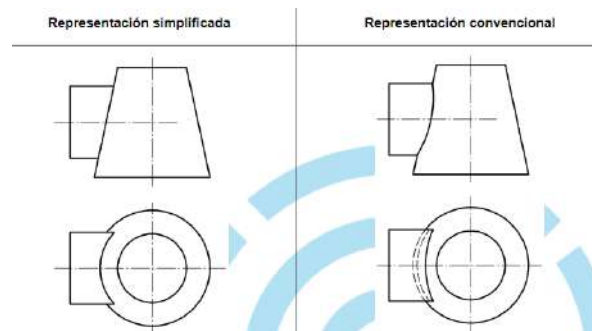
- Omitir sombreado en secciones simples cuando la forma sea evidente.



- Representar características repetidas (como dientes o ranuras) con una o dos repeticiones, indicando el número total.



- Sustituir curvas complejas de cuerpos de revolución por circunferencias equivalentes.



Estas simplificaciones reducen tiempo de dibujo sin comprometer la calidad del plano.

E.2.6 Lista de verificación (Checklist)

Verificación	Cumple (✓/X)
La vista principal corresponde a la posición funcional del objeto.	
Las vistas están identificadas con letras y flechas de referencia.	
El número de vistas y secciones es el estrictamente necesario.	
Se evitaron contornos ocultos innecesarios.	
Las secciones están correctamente sombreadas y diferenciadas por material.	
Las líneas de simetría se representan conforme a norma.	
Los planos de corte están designados correctamente.	
El plano ha sido revisado por el coordinador o ingeniero responsable antes de su emisión.	

E.3 Acabados superficiales

Propósito: Garantizar la uniformidad en la comunicación técnica de la calidad superficial, conforme a la norma NTC 1957:1996 (equivalente a ISO 1302), utilizada para definir la textura de las superficies en dibujos técnicos.

Base normativa: La norma NTC 1957 especifica los símbolos y las indicaciones complementarias para comunicar las características de rugosidad y acabado superficial. Esta norma no define los valores de rugosidad, sino los métodos para representarlos gráficamente en los planos de fabricación.

E.3.1 Conceptos básicos

La textura superficial describe el conjunto de irregularidades presentes en una superficie después del mecanizado o tratamiento. Su control es fundamental para garantizar el correcto ajuste, fricción, estanqueidad y apariencia del componente.

Los parámetros más utilizados son:

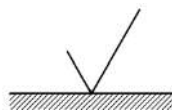
- Ra (rugosidad promedio aritmética)
- Rz (altura media de los picos y valles)
- Ry (altura máxima del perfil)

Los valores se expresan en micrómetros (μm) y se seleccionan según la función de la superficie.

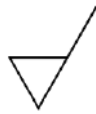
E.3.3 Símbolos gráficos normalizados

De acuerdo con la NTC 1957, se utilizan los siguientes símbolos básicos:

- **Símbolo básico:** superficie considerada sin requisito de rugosidad.



- **Símbolo con barra:** superficie que debe ser mecanizada.



- **Símbolo con círculo:** superficie sin remoción de material.



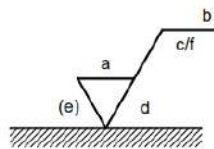
- **Símbolo con línea adicional:** textura con requisitos especiales (tratamientos o procesos).



Estos símbolos pueden complementarse con datos de rugosidad, método de producción o dirección de las estrías.

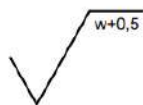
E.3.4 Indicaciones complementarias

La información adicional se ubica alrededor del símbolo gráfico como se muestra:

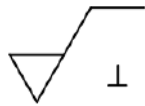


E incluye:

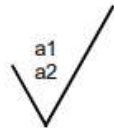
- Valor de rugosidad:** Ra en μm (por ejemplo, Ra 3,2).
- Método de producción:** fresado, torneado, esmerilado, etc.
- Longitud de muestra o parámetro adicional.



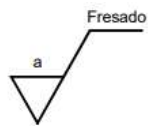
- d. **Dirección de las estrías:** especificada mediante los símbolos normalizados como se muestra en la siguiente tabla:



- e. Límites de rugosidad (superior e inferior):




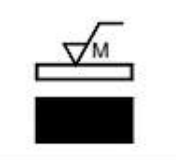
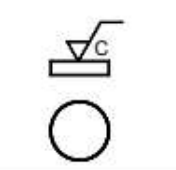




- f. Tratamientos o recubrimientos posteriores.



Cuando se requiere la misma textura en todas las superficies, se adiciona un círculo al símbolo principal.

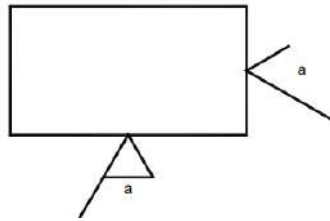
E.3.4 Patrones y orientación de superficies

Símbolo gráfico	Interpretación y ejemplo	
=	Paralelas al plano de proyección de la vista en la cual se usa el símbolo.	
⊥	Perpendiculares al plano de proyección de la vista en la cual se usa el símbolo.	
X	Cruzadas en dos direcciones oblicuas en relación con el plano de proyección de la vista en la cual se usa el símbolo.	
M	Multidireccionales	
C	Aproximadamente circulares en relación con el centro de la superficie en la cual se usa el símbolo.	
R	Aproximadamente radiales en relación con el centro de la superficie en la cual se usa el símbolo.	
P	La trama es en arreglo no direccional, picado, protuberante, poroso o de partículas.	
Nota. Si es necesario especificar un patrón de superficie que no está definido claramente por estos símbolos, se hará adicionando la anotación pertinente al dibujo.		

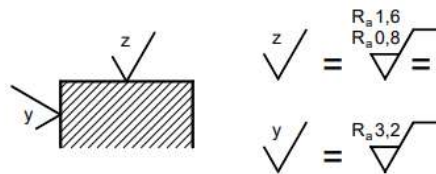
E.3.5 Buenas prácticas en aplicación de planos mecánicos

- Seleccionar el valor de rugosidad de acuerdo con la función de la superficie (por ejemplo, Ra 0,8 μm para superficies de ajuste y Ra 3,2 μm para superficies generales).

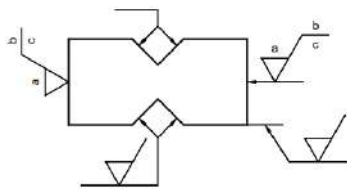
- Indicar la rugosidad solo una vez por superficie y en la vista más representativa.



- Utilizar símbolos simplificados o notas generales cuando la mayoría de las superficies compartan el mismo acabado.



- Incorporar el símbolo en la línea de dimensión o con una flecha indicadora.



- Mantener consistencia entre la textura superficial indicada y el proceso de fabricación real (ejemplo: “fresado Ra 1,6”).
- En superficies tratadas o revestidas, especificar si el valor de rugosidad se aplica antes o después del tratamiento.

E.3.6 Tabla de referencias de rugosidad (Ra - grados N)

Los valores de rugosidad Ra se asocian con grados de acabado superficial (N1 a N12), según la siguiente tabla de la norma:

Valores de rugosidad R_a		Grados de rugosidad (presentados en la edición anterior de esta norma)
μm	$\mu\text{pulgadas}$	
50	2 000	N12
25	1 000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

- N12 – Ra 50 μm : rugosa, fundición o soldadura.
- N9 – Ra 6,3 μm : mecanizado común.
- N7 – Ra 1,6 μm : mecanizado fino.
- N6 – Ra 0,8 μm : rectificado.
- N5 – Ra 0,4 μm : esmerilado o lapeado.
- N3 – Ra 0,1 μm : pulido espejo.

E.3.7 Lista de verificación (Checklist)

Verificación	Cumple (✓/X)
Se asignó un valor de rugosidad (Ra) adecuado a cada superficie funcional, coherente con su propósito (ajuste, sellado o deslizamiento).	
Se utilizaron correctamente los símbolos gráficos normalizados: básico, con barra (mecanizado requerido) o con círculo (sin remoción de material).	
Se especificó el método de producción o tratamiento (fresado, torneado, rectificado,	

cromado, etc.) cuando afecta la textura superficial.	
Se indicó la dirección de las estrías mediante los símbolos correctos (\parallel , \perp , X, M, C, R o P).	
Cada superficie tiene una sola indicación de textura, evitando duplicidades, y se ubica junto a la cota o vista principal.	
Los valores y símbolos son consistentes con las tolerancias dimensionales y el proceso de mecanizado real del componente.	

E.4 Tolerancias dimensionales y geométricas

Propósito: Establecer los lineamientos técnicos que deben aplicarse en el diseño y la elaboración de planos mecánicos respecto a las tolerancias dimensionales y geométricas. Su objetivo es garantizar la intercambiabilidad, el correcto funcionamiento y la facilidad de ensamblaje de las piezas fabricadas.

Base normativa: Constituida por las normas NTC 1722, NTC 1831 y NTC 2130, las cuales complementan la definición, representación y verificación de las tolerancias aplicadas a elementos mecánicos bajo los principios del sistema ISO.

E.4.1 Conceptos básicos

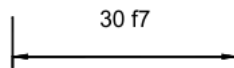
Toda pieza fabricada presenta variaciones inevitables respecto a su tamaño y geometría nominal. El control de estas variaciones se logra mediante la aplicación de tolerancias, que definen los límites permisibles de desviación dimensional y geométrica. La correcta indicación de

tolerancias en los planos permite fabricar piezas intercambiables, reducir rechazos y asegurar la funcionalidad del conjunto mecánico.

Las tolerancias dimensionales limitan las variaciones en medidas lineales o angulares; las tolerancias geométricas controlan la forma, orientación, posición y oscilación de los elementos. Ambas deben aplicarse con criterio técnico y solo cuando sean funcionalmente necesarias.

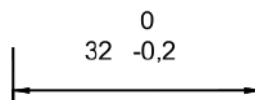
E.4.3 Tolerancias dimensionales

Según la NTC 1722, existen tres formas equivalentes de indicar la tolerancia en una dimensión: por medio del símbolo ISO del sistema de ajustes, mediante las desviaciones superior e inferior, o mediante los límites de tamaño. En el caso del sistema ISO, se utilizan letras que representan la zona de tolerancia y números que indican el grado, como se aprecia en la siguiente figura:

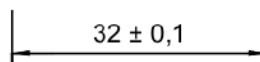


Donde se ejemplifica una indicación del tipo “30 H7/h6”. Esta forma es la más práctica para uniones mecánicas.

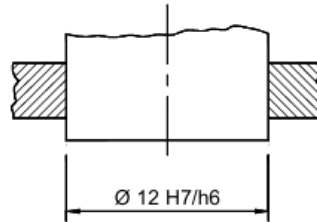
Cuando se emplean desviaciones numéricas, estas deben expresarse en la misma unidad que la dimensión básica y con igual número de decimales. La desviación superior se escribe sobre la inferior, y si una de ellas es cero, se representa con el número 0, tal como se observa:



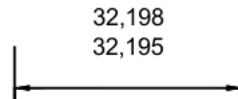
Si la tolerancia es simétrica, el valor se indica solo una vez precedido por el símbolo \pm , así:



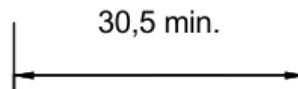
Para acoples o ajustes, el símbolo de tolerancia para el orificio debe colocarse antes del símbolo de tolerancia para el eje, así:



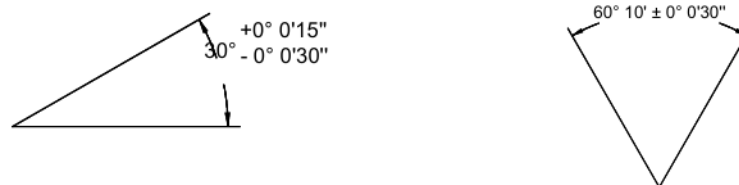
Los límites de tamaño también pueden indicarse escribiendo el valor superior e inferior directamente, como:



O añadiendo “min.” o “máx.” cuando el límite se especifica en una sola dirección:



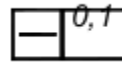
En cuanto a dimensiones angulares, la norma indica que siempre se deben expresar las unidades ($^{\circ}$ ' ") y las desviaciones respectivas en grados, minutos o segundos, como se muestra:



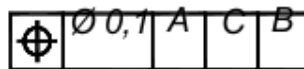
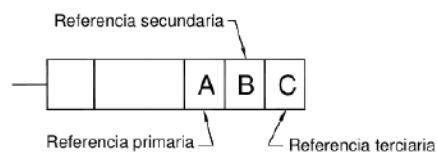
E.4.4 Tolerancias geométricas

La norma NTC 1831 estandariza la manera de representar las tolerancias geométricas mediante marcos rectangulares divididos en compartimientos. En cada recuadro se ubica el

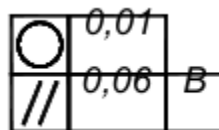
símbolo de la característica controlada, seguido por el valor de la tolerancia en milímetros, y las letras de las referencias o datum involucrado. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de recuadro básico de tolerancia:



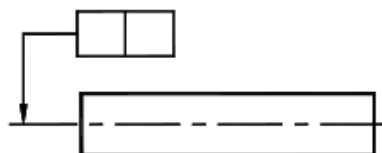
Mientras que en la siguiente se observa la forma correcta de incluir varias referencias (A-B-C).



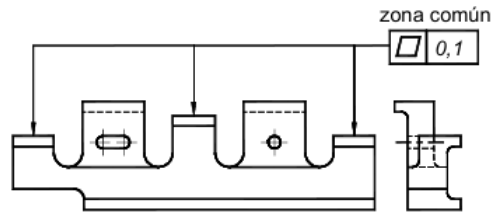
Las zonas de tolerancia se definen según la característica controlada: circulares, cilíndricas, paralelas o planas. En la siguiente figura se ilustra la aplicación de tolerancias geométricas múltiples sobre un mismo elemento:



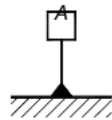
Y en la siguiente se muestra la conexión del marco con el eje o plano medio del elemento tolerado, así:



Cuando se requiere controlar varios elementos como un conjunto, se utiliza la expresión “zona común” sobre el recuadro, como se presenta:



Los elementos de referencia se identifican mediante letras mayúsculas encerradas en recuadros, las cuales se conectan al elemento correspondiente a través de un triángulo de referencia, tal como se muestra:



Este sistema de referencias (A, B y C), determina la orientación y la base de medición de las tolerancias geométricas, garantizando que todas las verificaciones se realicen desde los mismos puntos de referencia funcionales.

Una designación incorrecta o incompleta de los datum puede generar errores de interpretación en el proceso de inspección y fabricación.

En la siguiente tabla se resumen las características geométricas que pueden ser controladas mediante tolerancias, junto con sus símbolos normalizados y la categoría a la que pertenecen (forma, orientación, localización u oscilación), según lo establecido en la Tabla 1 de la NTC 1831. Esta clasificación permite al diseñador seleccionar correctamente el tipo de control a aplicar en cada superficie o eje, evitando ambigüedades en el dibujo técnico y asegurando una interpretación uniforme entre el diseño, la manufactura y la inspección.

Características y tolerancias		Características toleradas	Símbolo	Subnumerales
Característica sencilla	Tolerancias de forma	Rectitud		14.1
		Planitud		14.2
		Circularidad (redondez)		14.3
		Cilindricidad		14.4
Característica sencilla o relacionada		Perfil de cualquier línea		14.5
		Perfil de cualquier superficie		14.6
Característica relacionada	Tolerancias de orientación	Paralelismo		14.7
		Perpendicularidad		14.8
		Angularidad		14.9
	Tolerancias de localización	Posición		14.10
		Concentricidad y coaxialidad		14.11
		Simetría		14.12
	Tolerancias de alineación	Alineación circular		14.13
		Alineación total		14.14

Esta tabla agrupa las tolerancias geométricas en cuatro categorías principales: de forma, de orientación, de localización y de oscilación. Las **tolerancias de forma** controlan la uniformidad del contorno o la superficie de una pieza, garantizando que no existan desviaciones excesivas respecto a la geometría teórica. Las **tolerancias de orientación** aseguran que una superficie o eje mantenga una relación angular o direccional específica con respecto a una referencia definida. Las **tolerancias de localización** determinan la posición exacta de una característica respecto a otras

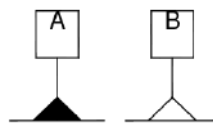
superficies funcionales, lo cual es esencial para el ensamblaje y el correcto funcionamiento del componente. Finalmente, las **tolerancias de oscilación** (circular y total) regulan el desplazamiento o movimiento de una superficie giratoria con respecto a su eje de referencia.

E.4.4 Referencias y sistemas de referencia

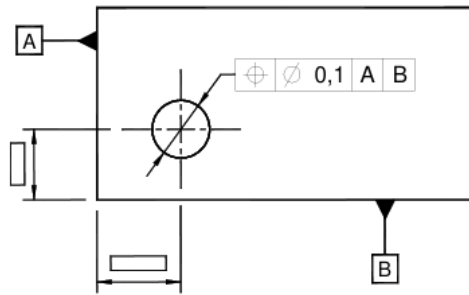
La NTC 2130, define cómo se establecen, designan y representan las referencias (datum) que sirven como base para la aplicación de tolerancias geométricas en los planos técnicos.

Una referencia (datum) es un punto, eje o plano teórico perfectamente definido, a partir del cual se controlan las tolerancias de forma, orientación y posición de otros elementos. Un sistema de referencia puede estar compuesto por una o varias referencias (primaria, secundaria y terciaria), que definen el marco tridimensional desde el cual se evalúa la geometría real de la pieza.

Designación gráfica: Las referencias se identifican con una letra mayúscula encerrada en un recuadro (A, B, C), conectada al elemento correspondiente mediante un triángulo de referencia sólido o abierto.

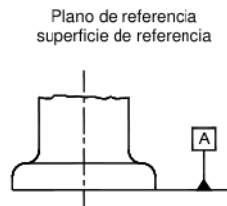


Sistema de referencias: Se establecen en orden jerárquico: primaria, secundaria y terciaria, dispuestas en el marco de tolerancia en la secuencia (A B C).

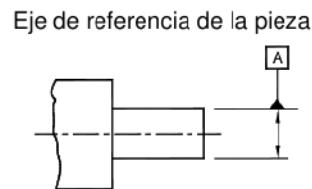


Tipos de referencia:

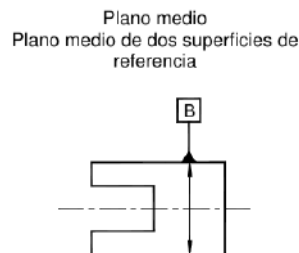
Plano de referencia: generado por una superficie de contacto plana.



Eje de referencia: definido por el eje del cilindro menor circunscrito o mayor inscrito.



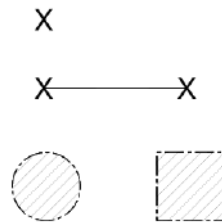
Plano medio común: formado por dos superficies paralelas. (Fig. 23-25).



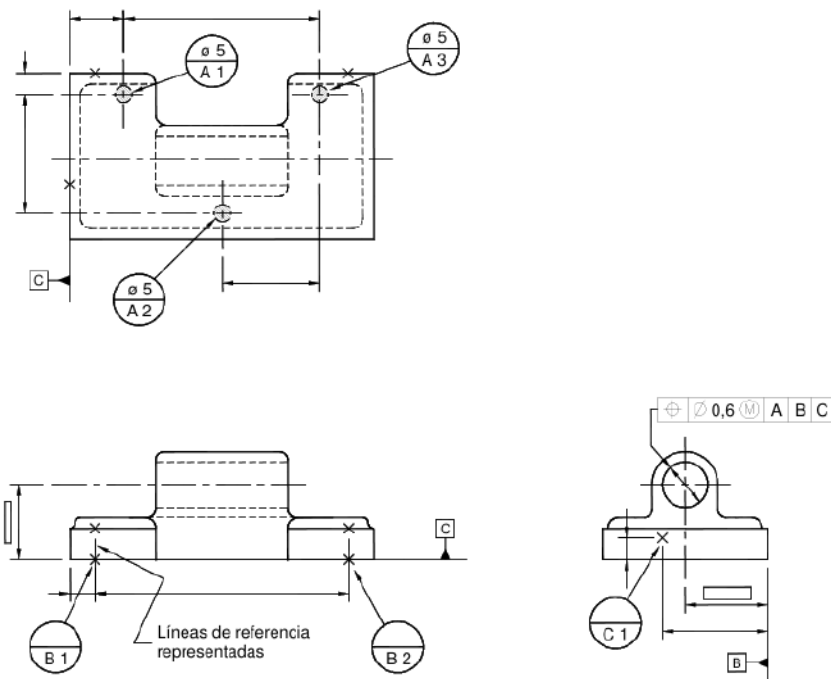
Punto o línea de referencia: usados cuando la superficie de referencia es irregular y se requiere precisión localizada.

Si el punto de referencia es:

- Un punto: se indica mediante una cruz.
- Una línea: se indica mediante dos cruces conectadas por una línea continua delgada.
- Un área: se indica mediante un área achurada rodeada por una cadena de líneas punteadas dobles y delgadas.



Los símbolos deben ser puestos sobre la vista del dibujo que muestre más claramente la superficie correspondiente. Las localizaciones de los puntos de referencia pueden ser dimensionados sobre la misma vista, la cual es más conveniente por ser una vista completa, así:



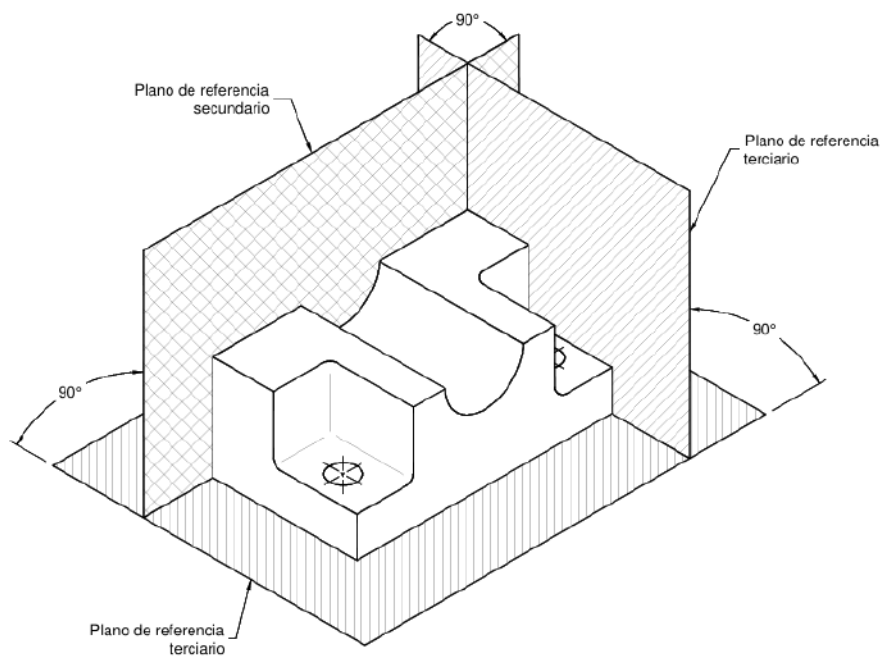
Interpretación de la Figura anterior:

Los puntos de referencia "A1", "A2" y "A3": establecen la referencia "A"

Los puntos de referencia "B1" y "B2" establecen la referencia "B"

El punto de referencia "C1" establecen la referencia "C"

Sistema tridimensional: Cuando se requieren tres planos mutuamente perpendiculares (primario, secundario y terciario), se emplea el sistema de referencia tridimensional, base para inspección y ensamblaje.



La correcta selección de referencias funcionales permite que las tolerancias geométricas se apliquen de forma coherente y verificable.

Un error común es utilizar superficies no funcionales o inestables como datum, lo que provoca errores en el control dimensional. Por ello, cada elemento de referencia debe corresponder a una superficie o eje que participe directamente en el acople o funcionamiento del conjunto.

E.4.5 Buenas practicas

1. Aplicar tolerancias únicamente cuando sean funcionalmente necesarias. La NTC 1831 señala que las tolerancias deben usarse solo cuando influyan en el desempeño, intercambiabilidad o ensamblaje del componente. El exceso de tolerancias eleva costos sin aportar valor técnico.
2. Seleccionar el tipo de tolerancia según la función de la superficie. Las tolerancias dimensionales (NTC 1722) controlan medidas lineales o angulares, mientras que las geométricas (NTC 1831) regulan forma, orientación, posición y oscilación.
3. Definir referencias (datums) basadas en superficies o ejes funcionales. De acuerdo con la NTC 2130, las referencias primarias, secundarias y terciarias deben establecerse sobre elementos que participen directamente en el acople o medición, evitando superficies no funcionales.
4. Indicar correctamente los símbolos y marcos de tolerancia. Cada tolerancia geométrica debe incluir símbolo, valor y referencias (A-B-C), conforme al formato definido en la NTC 1831.
5. Asegurar coherencia entre tolerancias y procesos de manufactura. Las tolerancias seleccionadas deben corresponder con la precisión alcanzable por el proceso de fabricación (torneado, fresado, rectificado, etc.) y con la instrumentación de control disponible.
6. Verificar la consistencia entre tolerancias, acabados y tratamientos. Las tolerancias geométricas deben ser compatibles con el nivel de rugosidad y con los tratamientos superficiales aplicados, garantizando que el componente cumpla su función sin exceder las capacidades del proceso.

E.4.6 Lista de verificación (Checklist)

Verificación	Cumple (✓/X)
Las tolerancias se aplican solo cuando son funcionalmente necesarias (NTC 1831).	
Se seleccionó correctamente el tipo de tolerancia (dimensional o geométrica) según la función.	
Las referencias (A, B, C) se definen sobre superficies o ejes funcionales conforme a la NTC 2130.	
Los marcos de tolerancia contienen símbolo, valor y referencias correctamente representados.	
Las tolerancias son coherentes con el proceso de manufactura y el control dimensional disponible.	

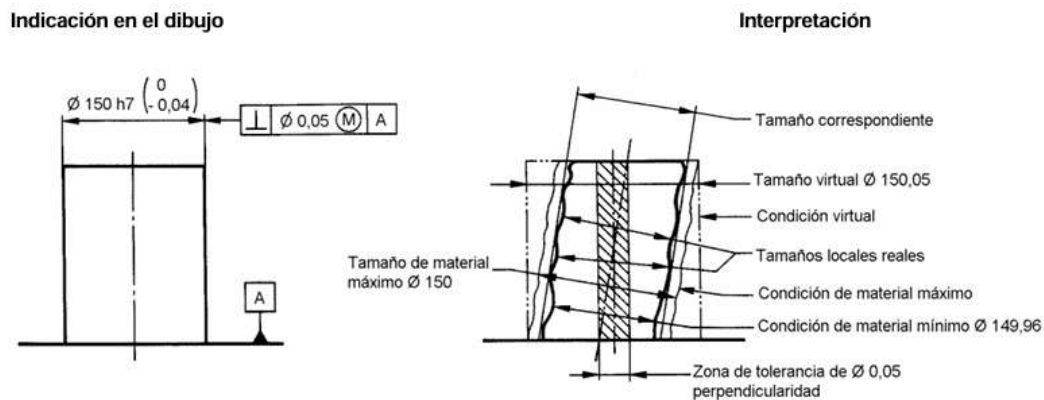
E.4 Sobrematerial

- **Propósito:** Formalizar el uso del principio de material máximo (PMM) para gestionar el “sobrematerial” en los planos de MAQMO. Bajo este principio, la tolerancia geométrica declarada puede aumentar en la misma medida en que la característica real (agujero o eje) se aleja de su tamaño de material máximo, siempre que no se viole la condición virtual de diseño. Así, la holgura disponible se transforma en tolerancia efectiva sin comprometer el ensamble ni la función del componente, como se muestra:
- **Base normativa:** Esta guía se fundamenta en la NTC 1876: Dibujo técnico. Tolerancias geométricas. Principio del material máximo (equivalente a ISO

2692). La norma define el principio, establece cómo indicarlo con el símbolo de material máximo y detalla la verificación mediante condición virtual materializada con calibre funcional.

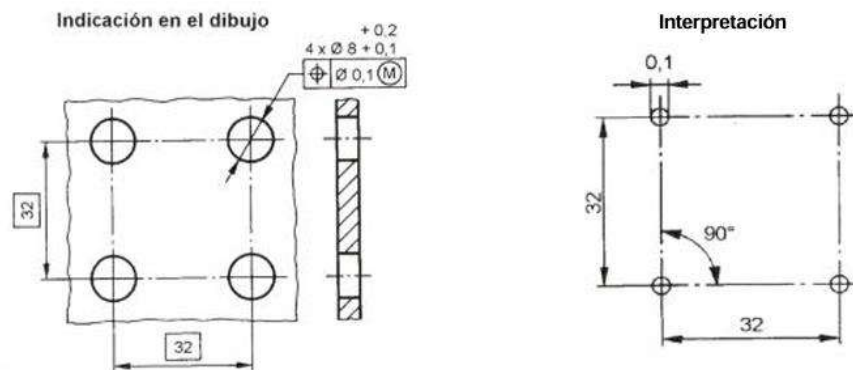
E.5.1 Conceptos básicos

Se entiende por **condición de material máximo (CMM)** el estado del elemento con **más material** (diámetro mínimo en orificios y máximo en ejes). El **tamaño virtual** define la **condición virtual**, que es el límite de forma perfecta que resulta de combinar el tamaño de material máximo con la tolerancia geométrica afectada por el símbolo de M. En la práctica, ese límite se inspecciona con un **calibre funcional** cuyo tamaño corresponde a la condición virtual especificada en el plano.

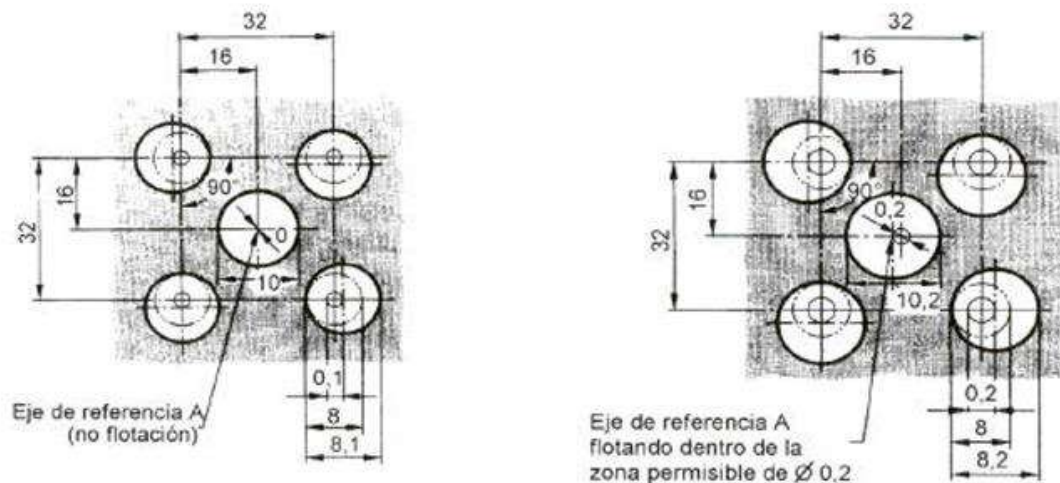


E.5.2 Reglas de uso en los planos

Cuando el PMM se **aplica al elemento tolerado**, habilita un **aumento** de la tolerancia geométrica a medida que el tamaño real se **aparta** del material máximo, siempre bajo el requisito de **no cruzar** la condición virtual. La **indicación** se realiza colocando el **símbolo (M)** a continuación del valor geométrico en el **marco de tolerancia**; si el requisito afecta a una **referencia (datum)**, la M se coloca también tras la letra de referencia, así:



Cuando el PMM se **aplica al datum**, este puede **flotar** respecto del elemento tolerado por una cantidad igual a su desviación frente al tamaño de material máximo; dicha **flotación** no incrementa la tolerancia entre las características entre sí, sino que actúa respecto del datum, como se muestra:

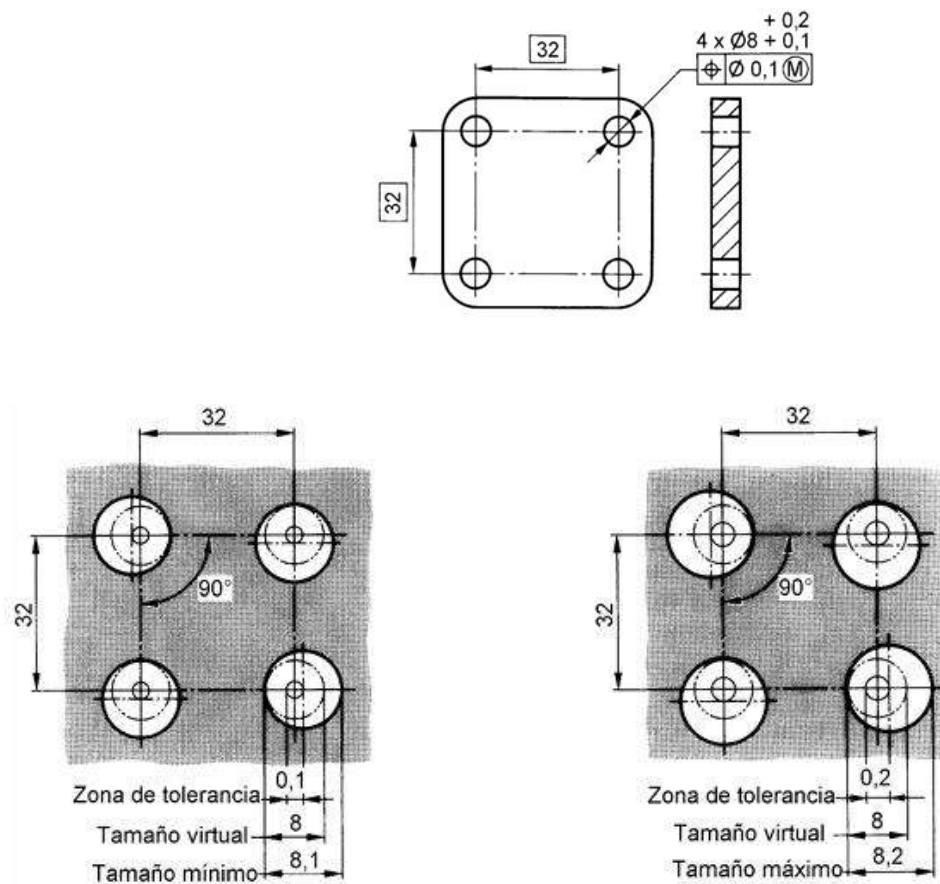


E.5.3 Condición virtual

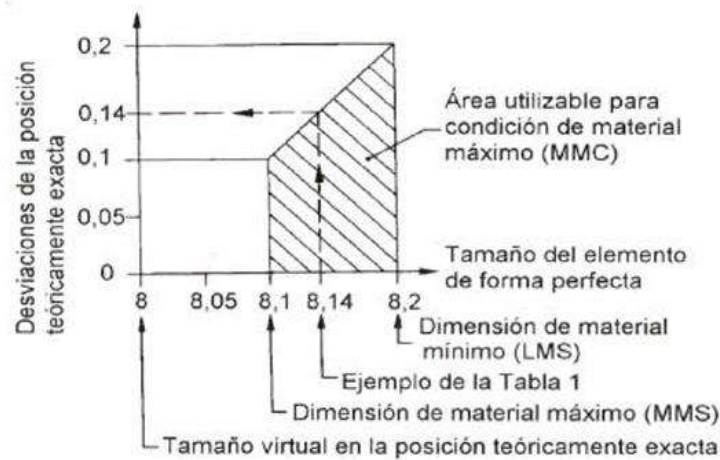
El control se interpreta siempre frente a una **condición virtual**: para un **orificio**, se obtiene restando la tolerancia geométrica al **tamaño de material máximo del orificio**; para un **eje**, se suma la tolerancia geométrica al **tamaño de material máximo del eje**. Con PMM, la **zona**

geométrica se amplía en proporción al alejamiento del tamaño real respecto de su CMM, manteniéndose el cumplimiento “pasa/no pasa” del calibre virtual. La NTC 1876 ilustra este comportamiento con un **patrón de orificios**: a CMM (p. ej., $\varphi 8,1$), la zona posicional base es $\varphi 0,1$ y en **LMS** ($\varphi 8,2$) se amplía hasta $\varphi 0,2$.

a) Indicación en el dibujo



Este incremento continuo se resume en un **diagrama de tolerancia dinámica** y en una **tabla** que relaciona el tamaño del orificio con la tolerancia posicional efectiva.



Diámetro del orificio de forma perfecta	Tolerancia posicional
8,1 MMS	0,1
8,12	0,12
8,14	0,14
8,16	0,16
8,18	0,18
8,2 LMS	0,2

E.5.4 Casos operativos típicos

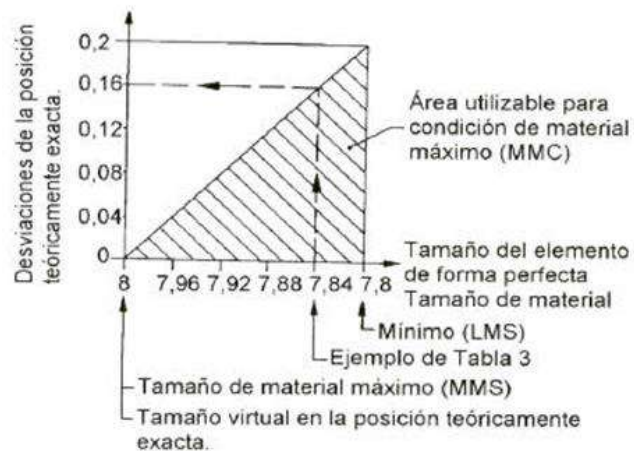
E.5.4.1 Grupo de orificios y pasadores

En patrones de agujeros para pasadores o pernos, el PMM permite **transferir** la holgura dimensional a **tolerancia posicional** siempre que el **calibre funcional** correspondiente a la condición virtual **pase**. El ejemplo normativo muestra orificios con CMM $\phi 8,1$ que, a medida que crecen hasta $\phi 8,2$, habilitan que la posición aumente desde $\phi 0,1$ hasta $\phi 0,2$; la verificación se realiza con el **calibre** que representa el cilindro virtual, como se identificó en las figuras anteriores.

E.5.4.2 Perpendicularidad de un eje respecto de un plano

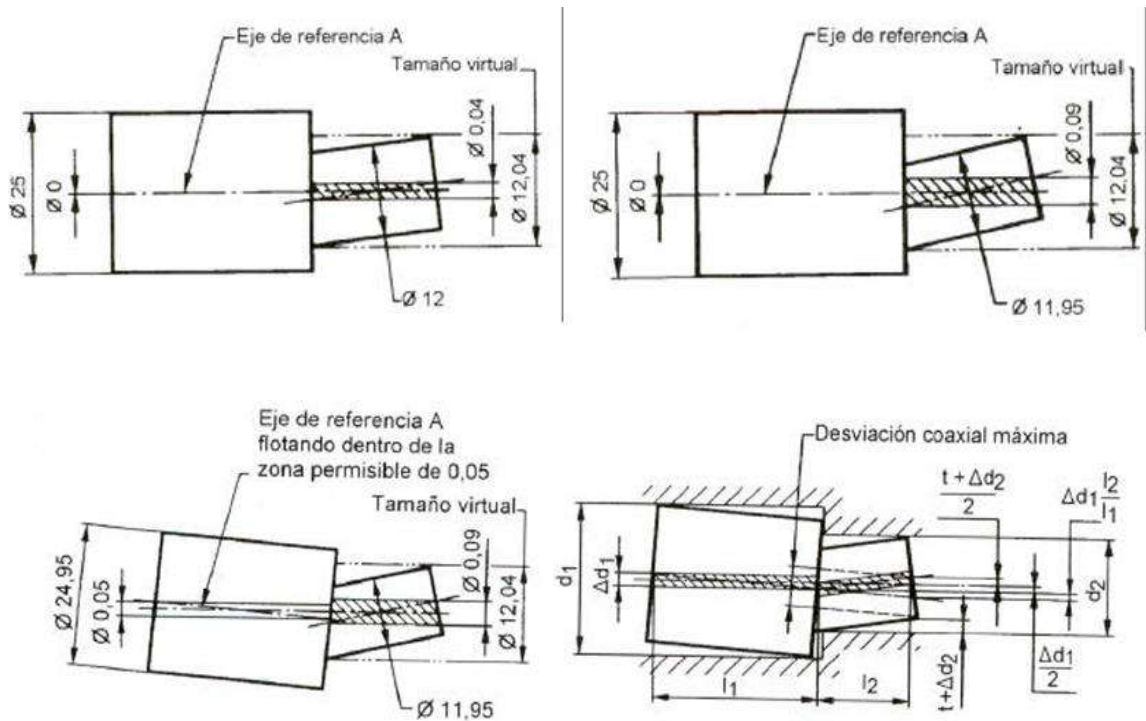
Para orientación (p. ej., **perpendicularidad**), la **condición virtual** de un **eje** se obtiene sumando la tolerancia de orientación al **tamaño de material máximo** del eje. A medida que el

diámetro real **disminuye** respecto de su CMM, la **zona de orientación** permisible **aumenta**, manteniéndose el control con calibre que materializa la condición virtual.

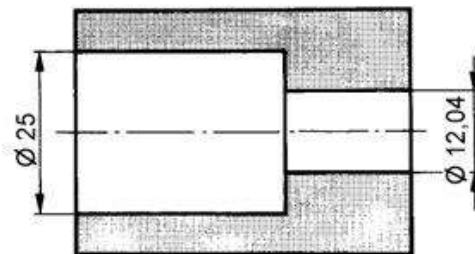


E.5.4.2 Coaxialidad con datum a material máximo

Cuando la **coaxialidad** se especifica con M y además el **datum** se define a material máximo, la **flotación** del datum —proporcional a su alejamiento del CMM— **no** incrementa la tolerancia entre características, pero **sí** afecta la relación con el datum. La norma desarrolla un ejemplo completo y cuantificado, como sigue:



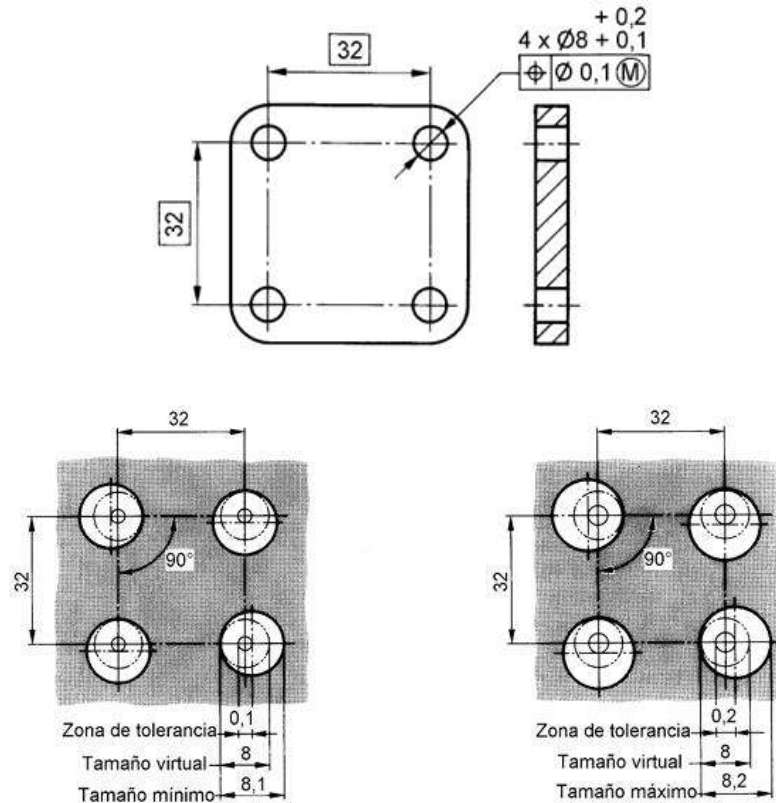
Establece que el **calibre funcional** correspondiente a la siguiente **figura** representa la condición virtual de verificación “pasa/no pasa”:



E.5.4.3 Tolerancia posicional cero con M

En diseños donde toda la variación se asigna al tamaño, puede declararse posición 0 con M: a CMM, la zona posicional es 0 y crece conforme el tamaño real se aleja del material máximo, hasta el límite determinado por la condición virtual y el calibre funcional. Esta configuración es

útil cuando se desea forzar el centrado en tamaños críticos y trasladar la variabilidad a la dimensión.



E.5.5 Buenas practicas

La verificación inicia confirmando que los **tamaños locales** cumplen su tolerancia dimensional. Luego se utiliza un **calibre funcional** que **materializa** la condición virtual (anillos, pasadores o conjuntos equivalentes). En patrones posicionales, el calibre reproduce el **cilindro virtual** y se aplica la lógica **pasa/no pasa**; en orientación y coaxialidad, el calibre representa el límite de **forma perfecta** definido por el tamaño virtual. Cuando el **datum** se especifica con M, se **registra**

la **flotación** disponible (desviación del datum respecto a su CMM) y su efecto en la lectura.

Antes de entregar un plano: confirmar que el uso de **M** es **funcionalmente justificable**; que el **marco de tolerancia** ubica **M** correctamente en característica y/o datum; que se calculó y consignó la **condición virtual** (y **calibre**); que la **tolerancia adicional** otorgada por el alejamiento del CMM **no** viola la condición virtual; y que, si el **datum** lleva **M**, se documenta su **flotación** y su impacto en la inspección.

La NTC 1876 advierte **no** usar **M** en **uniones cinemáticas, centros de engranaje, orificios roscados y orificios de pasadores de guía**, donde el aumento de tolerancia puede resultar **peligroso** para la función. También es un error omitir la **materialización** de la condición virtual (calibre) o **suponer** que la flotación del datum con **M** incrementa la tolerancia entre características.

En **patrones de agujeros** para ensamble, se recomienda **posición con M** y consignar en el plano la **condición virtual** y el **calibre** para inspección inmediata. En planos enviados a proveedores, incluir explícitamente el **símbolo M** y los **tamaños** que gobiernan el calibre, evitando interpretaciones divergentes. Cada vez que cambie el **rango de tamaño** (por proceso o material), recalculer la **condición virtual** y **actualizar** marco y método de verificación.

E.5.6 Lista de verificación (Checklist)

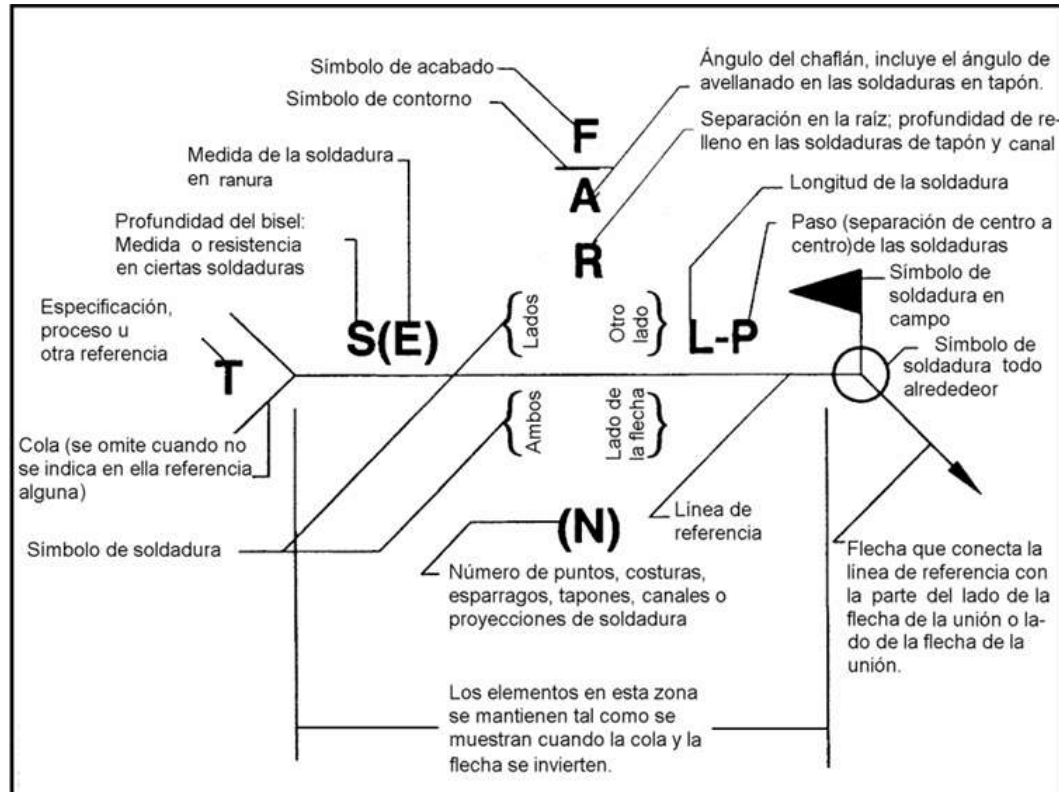
Verificación	Cumple (✓/X)
Se justificó funcionalmente el uso del requisito de material máximo (M),	

evitando aplicaciones en uniones cinemáticas, roscas o guías de precisión.	
El marco de tolerancia indica correctamente M tras el valor geométrico y, si aplica, tras la referencia (datum).	
Se calculó y documentó la condición virtual (tamaño virtual) y el calibre funcional correspondiente (pasa/no pasa).	
La tolerancia geométrica efectiva no excede el alejamiento respecto al TMM y nunca cruza la condición virtual en los extremos de tamaño.	
Si un datum lleva M , se determinó y registró su flotación y su efecto en la verificación del conjunto.	

E.6 Soldadura

Propósito: Esta sección define cómo especificar soldaduras en los planos, utilizando los **símbolos normalizados** y las **convenciones de acotación** de la NTC 1958, con el objetivo de asegurar una comunicación efectiva entre diseño, producción e inspección. El alcance incluye la **estructura del símbolo de soldeo**, el **significado del lado de la flecha**, la **posición de dimensiones**, la **designación**, las reglas para **extensión y continuidad**, así como las particularidades de **soldaduras en ranura, filete, tapón, canal, por puntos, por costura, de borde, de espárragos y de recargue**, además de la **integración de END** cuando aplique,

como se ve en la siguiente **figura**, que ubica cada elemento del símbolo sobre la línea de referencia:



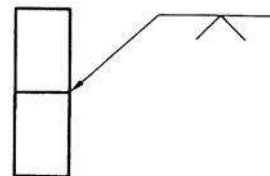
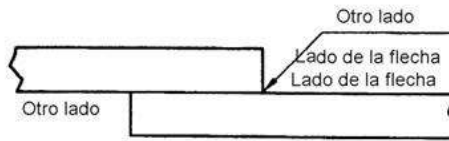
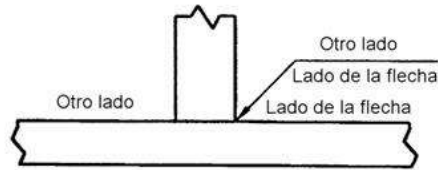
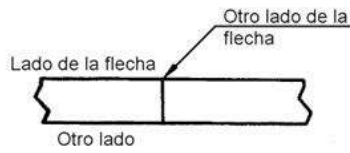
Base normativa: Se adopta como referencia la NTC 1958: Símbolos normalizados para soldeo, soldeo fuerte y ensayos no destructivos. Esta norma compila los símbolos básicos y complementarios, reglas de posición, acotación y representación, con repertorios gráficos completos como se ve en la siguiente figura, mapa de símbolos:

Ranura							
Plano	Inclinado	V	Bisel	U	J	V Ensanchada	Bisel ensanchado

Ángulo	Tapón u ojal	Esparrago	Punto o proyección	Costura	Reverso o respaldo	Recargue	Borde	
							Canto	Esquina

E.6.1 Conceptos básicos

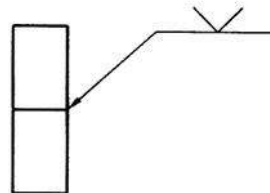
Un **símbolo de soldeo** se compone de **línea de referencia** y **flecha** (obligatorios), y puede incluir **símbolo de soldadura**, **dimensiones**, **contornos** y **cola** para indicar **proceso o documentos**. La información del **lado de la flecha** se coloca **debajo** de la línea de referencia; la del **otro lado**, **encima**, como se ve en la **siguiente figura**, que diferencia explícitamente ambas posiciones:



Sección transversal de la soldadura

Símbolo

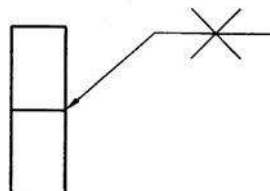
(A) Lado de la flecha del símbolo de soldadura en ranura en V.



Sección transversal de la soldadura

Símbolo

(B) Otro lado del símbolo de la soldadura en ranura en V.

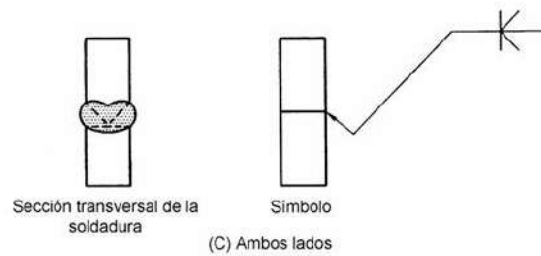
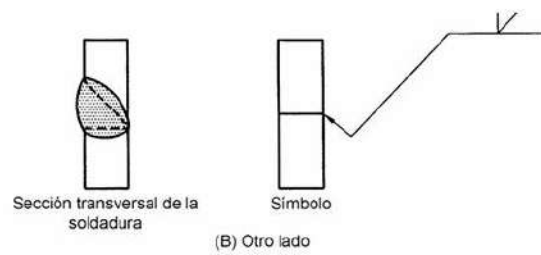
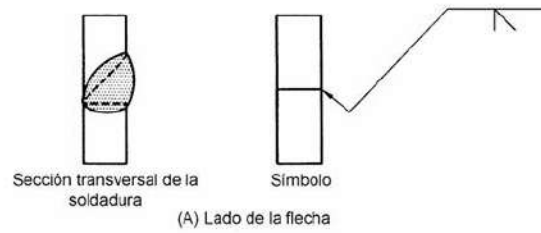


Sección transversal de la soldadura

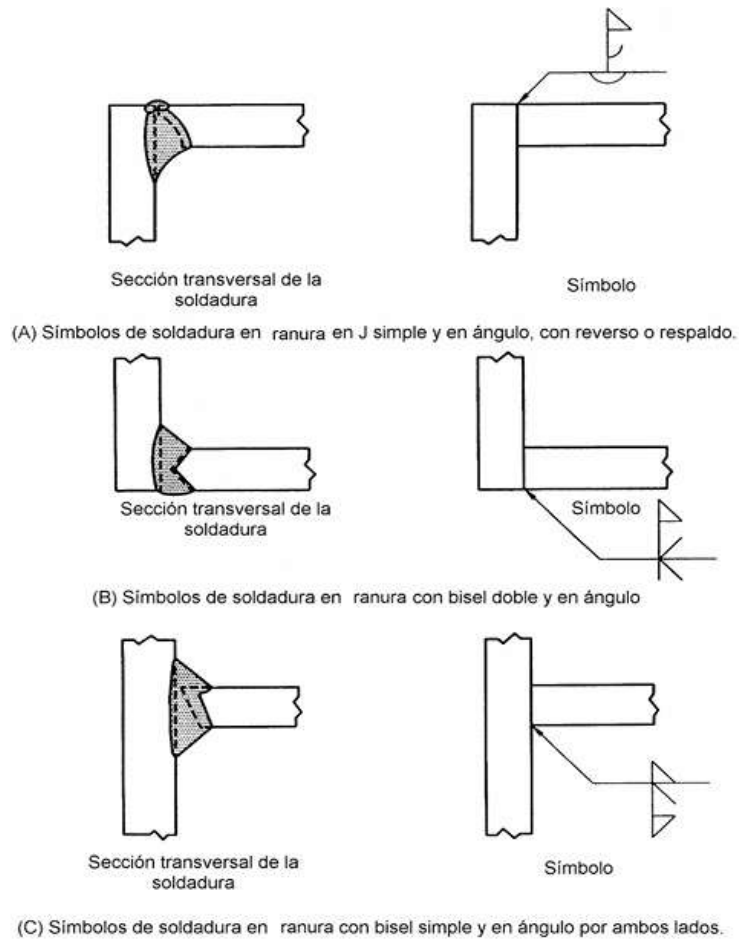
Símbolo

(C) Ambos lados del símbolo de soldadura en ranura en V.

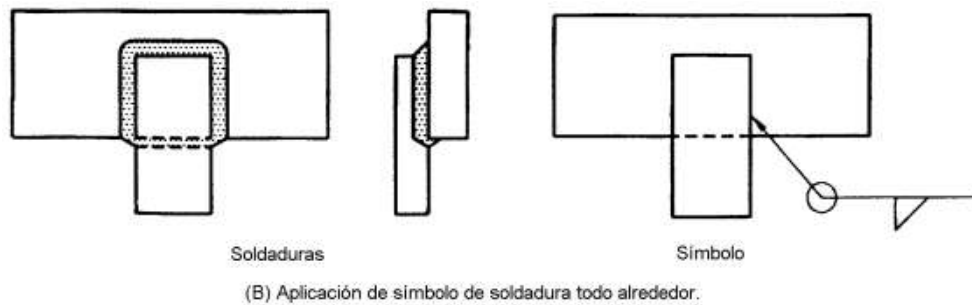
La **flecha con quiebre** identifica la **pieza que se prepara** cuando solo una requiere biselado; si es obvio, no se quiebra, como se ve:



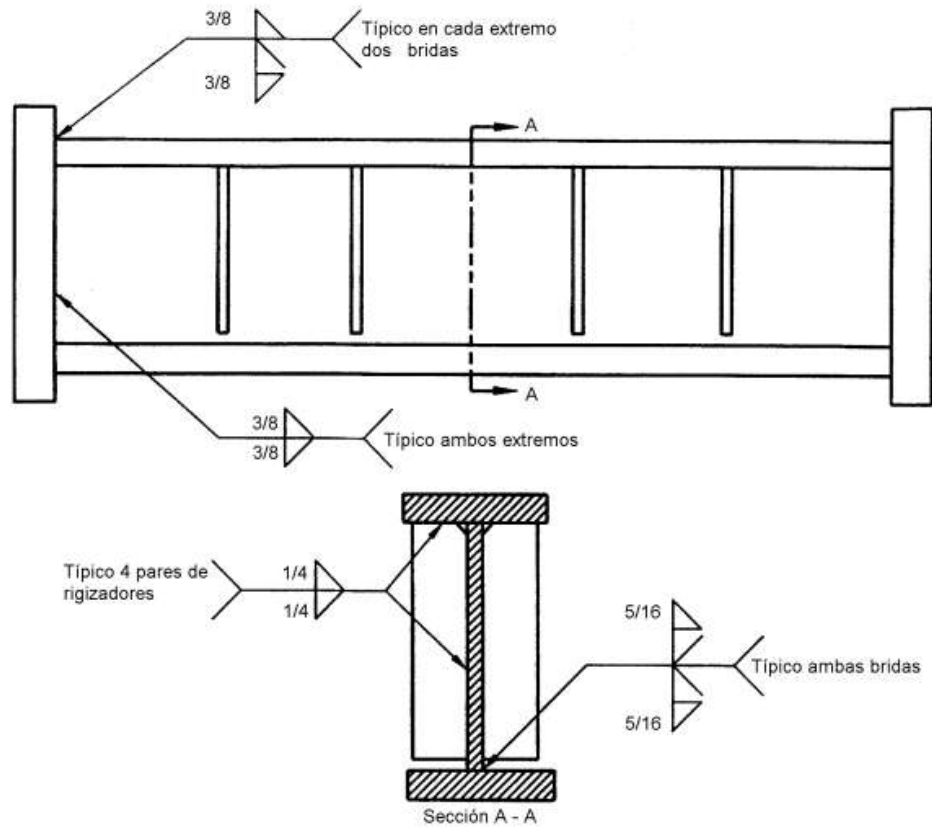
Cuando se combinan varios tipos de soldadura sobre la misma unión, se usan **símbolos combinados** como se ve:



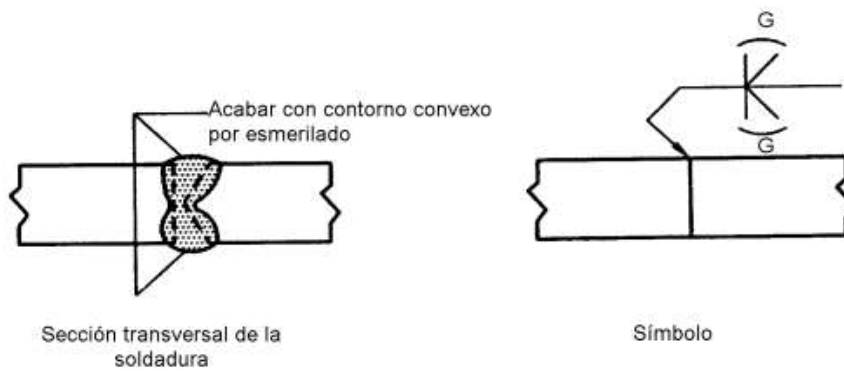
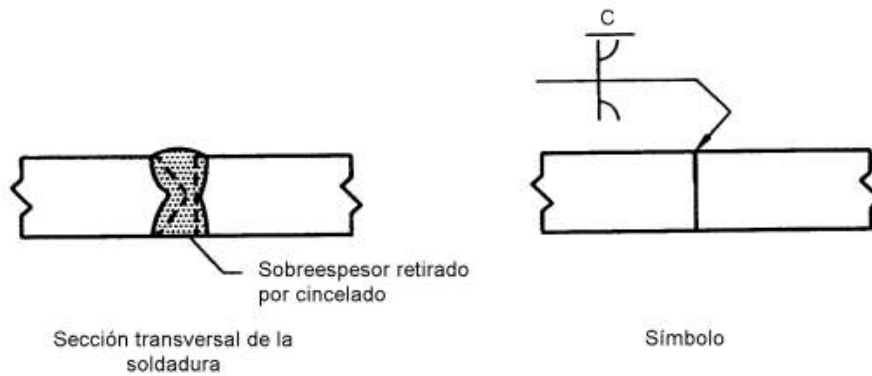
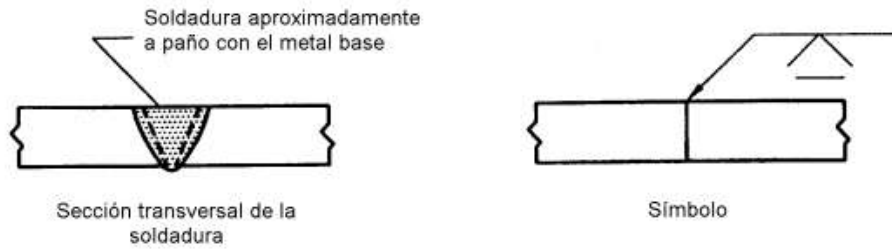
En cuanto a **extensión** y **continuidad**, una llamada implica soldadura **continua** entre cambios de dirección, a menos que se indique otra cosa; para indicar **“todo alrededor”** se usa el símbolo circular en la intersección de flecha y línea de referencia como se ve:



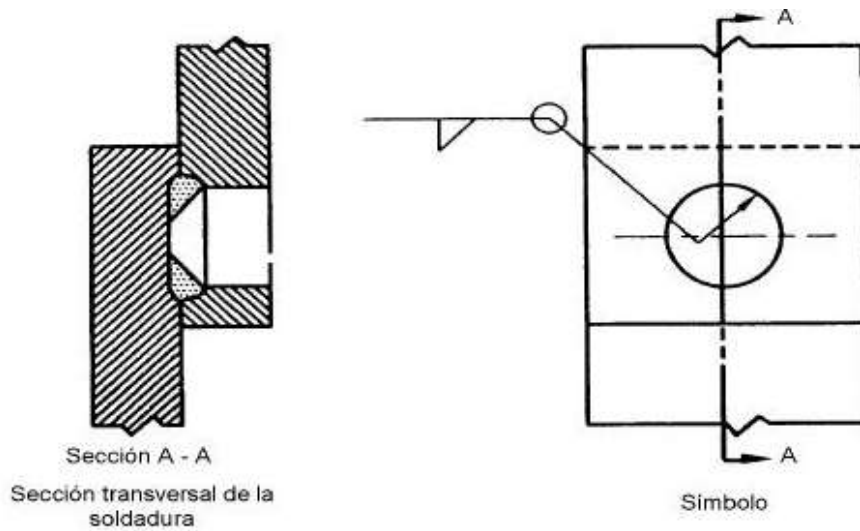
Si es **soldadura en campo**, se añade la **bandera** como sigue:



Los **contornos** (a paño/plano, convexos o cóncavos) pueden lograrse **por soldeo** o mediante **acabado posterior**; cuando la superficie se acabará “aproximadamente a paño” o convexa, se añade **símbolo de contorno** y **símbolo de acabado** (M, G, etc.), y si se requiere **plano**, **pero no a paño**, debe incluirse **nota en la cola**, como se ve en la **figura** para ranuras:



Y en la siguiente **figura** para filetes:



(A) Soldadura en filete en agujero (o canal)

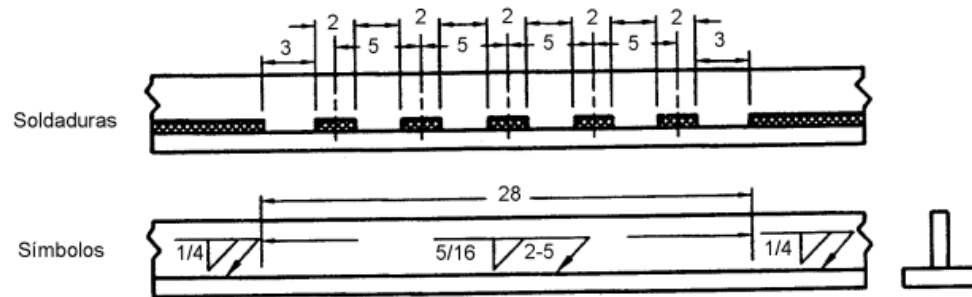
La cola del símbolo es el lugar recomendado para indicar el proceso (p. ej., SMAW, GMAW, GTAW, SAW), variantes, automatización y documentos de referencia, evitando redundancias dentro del símbolo (como se ve en la Tabla 1 de procesos de la norma):

Tabla 1	
Letras de designación de los procesos de soldadura y afines y de sus variaciones	
Procesos y variaciones	Letras de designación
Soldadura por arco	AW
Soldadura por hidrógeno atómico	AHW
Soldadura por arco con electrodo desnudo	BMAW
Soldadura por arco con electrodo de grafito	CAW
Soldadura por arco con electrodo de grafito y con gas	CAW - G
Soldadura por arco con electrodo de grafito y protección gaseosa	CAW - S
Soldadura por arco con doble electrodo de grafito	CAW - T
Soldadura por electrogás	EGW
Soldadura por arco con alambre tubular	FCAW
Soldadura por arco con gas	GMAW
Soldadura por arco pulsado con gas	GMAW - P
Soldadura por arco con gas mediante cortocircuitos	GMAW - S
Soldadura por arco con electrodo de tungsteno	GTAW
Soldadura por arco pulsado con electrodo de tungsteno	GTAW - P
Soldadura por arco de plasma	PAW
Soldadura por arco con electrodo revestido	SMAW
Soldadura por arco de espárragos	SW
Soldadura por arco sumergido	SAW
Soldadura por arco sumergido con alambres en serie	SAW - S
Soldadura fuerte por bloques	BB
Soldadura fuerte por difusión	DFB
Soldadura fuerte por inmersión	DB
Soldadura fuerte exotérmica	EXB
Soldadura fuerte por flujo	FLB
Soldadura fuerte en horno	FB
Soldadura fuerte por inducción	IB
Soldadura fuerte con infrarrojos	IRB
Soldadura fuerte por resistencia	RB
Soldadura fuerte con soplete	TB
Soldadura fuerte con arco de grafito	TCAB
Otros procesos de soldadura	
Soldadura fuerte por arco con electrodo de grafito	CABW
Soldadura por haz de electrones	EBW
Soldadura por haz de electrones en alto vacío	EBW - HV
Soldadura por haz de electrones en medio vacío	EBW - MV
Soldadura por haz de electrones sin vacío	EBW - NV
Soldadura por electroescoria	ESW
Soldadura por flujo	FLOW
Soldadura por inducción	IW
Soldadura con rayo láser	LBW
Soldadura por percusión	PEW
Soldadura por termita	TW
Soldadura oxigás	OFW
Soldadura aireacetilénica	AAW
Soldadura oxiacetilénica	OAW
Soldadura por presión con gas	PGW
Soldadura por resistencia	RW
Soldadura por chisporroteo	FW
Soldadura por proyección	PW
Soldadura de costura por resistencia	RESW
Soldadura de costura con alta frecuencia	RESW - HF
Soldadura de costura por inducción	RESW - I
Soldadura por puntos por resistencia	RSW
Soldadura por recalado	UW

Tabla 1 (continuación)	
Letras de designación de los procesos de soldadura y afines y de sus variaciones	
Soldadura por recalado con alta frecuencia	UW - HF
Soldadura por recalado por inducción	UW - I
Soldadura blanda	S
Soldadura blanda por inmersión	DS
Soldadura blanda en horno	FS
Soldadura blanda por inducción	IS
Soldadura blanda con infrarrojos	IRS
Soldadura blanda soldador de cobre	INS
Soldadura blanda por resistencia	RS
Soldadura blanda con soplete	TS
Soldadura blanda por ola	WS
Soldadura en estado sólido	SSW
Soldadura por coextrusión	CEW
Soldadura en frío	CW
Soldadura por difusión	DFW
Soldadura por explosión	EXW
Soldadura por forja	FOW
Soldadura por fricción	FRW
Soldadura por presión en caliente	HPW
Soldadura por rodillo	ROW
Soldadura por ultrasonidos	USW
Corte térmico	TC
Corte por arco	AC
Corte por arco aire	CAC - A
Corte por arco con electrodo de grafito	CAC
Corte por arco con gas	GMAC
Corte por arco con electrodo de tungsteno y protegido con gas	GTAC
Corte por plasma	PAC
Corte por arco con electrodo revestido	SMAC
Corte por haz de electrones	EBC
Corte por láser	LBC
Corte por láser en el aire	LBC - A
Corte por láser evaporativo	LBC - EV
Corte por láser en gas inerte	LBC - IG
Corte por láser en oxígeno	LBC - O
Corte por oxígeno	OC
Corte con fundente	FOC
Corte con polvo metálico	POC
Oxicorte con gas combustible	OFC
Corte oxiacetilénico	OFC - A
Corte oxhídrico	OFC - H
Oxicorte con gas natural	OFC - N
Oxicorte con gas propano	OFC - P
Corte por arco con oxígeno	AOC
Corte por lanza de oxígeno	LOC
Proyección térmica	THSP
Proyección por arco	ASP
Proyección por llama	FLSP
Proyección por plasma	PSP

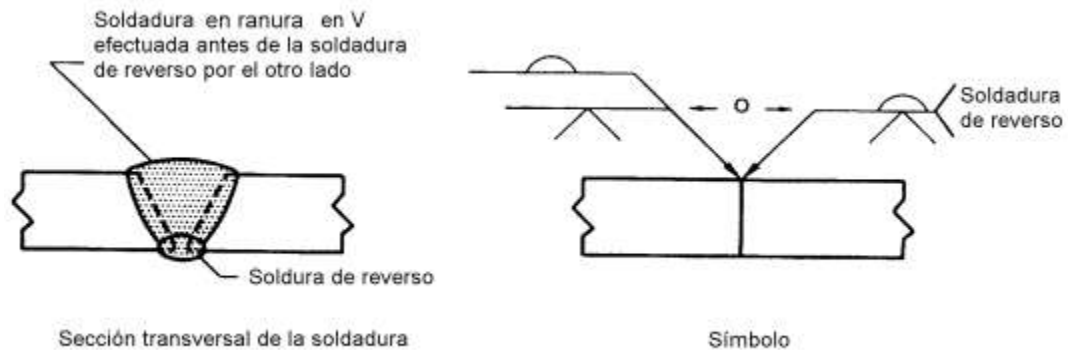
E.6.1 Reglas generales de indicación en planos

Para ranura, filete y borde, el símbolo debajo de la línea de referencia corresponde al lado de la flecha y el encima, al otro lado; para ambos lados, se repite el símbolo arriba y abajo (como se ve en la siguiente figura, que resume situación/extensión en filete:



(A) Soldaduras continuas e intermitentes combinadas (un lado de la unión).

Si se requiere secuencia (por ejemplo, ranura de raíz y luego reverso), se emplean líneas de referencia múltiples: la primera operación se indica en la línea más cercana a la flecha como se ve:

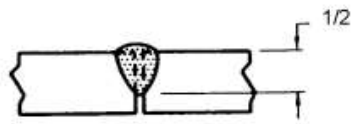


(A) Aplicación del símbolo de soldadura de reverso

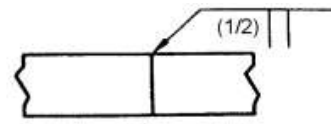
E.6.2 Tipos de soldadura

E.6.2.1 Soldaduras en ranura

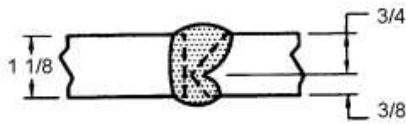
Ubicación de dimensiones: La profundidad del bisel (S) y la medida de soldadura (E) se indican a la izquierda del símbolo; la abertura de raíz se coloca dentro del símbolo; el ángulo de la ranura se ubica por fuera del símbolo como se ve en las siguientes figuras:



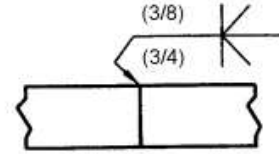
(A) Sección transversal de la soldadura



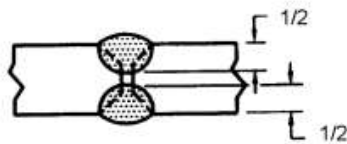
Símbolo



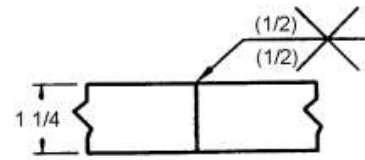
(B) Sección transversal de la soldadura



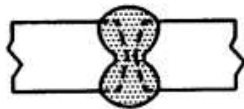
Símbolo



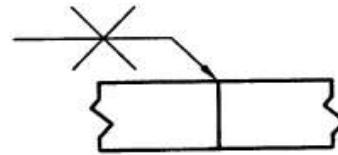
(C) Sección transversal de la soldadura



Símbolo



(D) Sección transversal de la soldadura



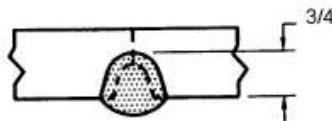
Símbolo



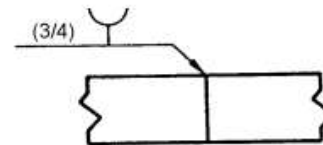
(E) Sección transversal de la soldadura



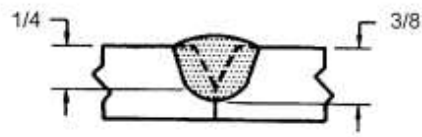
Símbolo



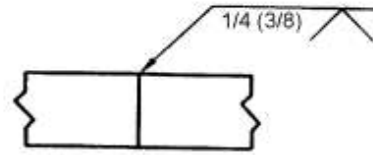
(F) Sección transversal de la soldadura



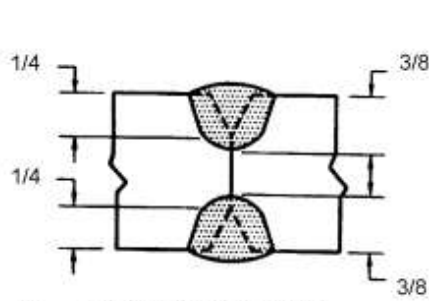
Símbolo



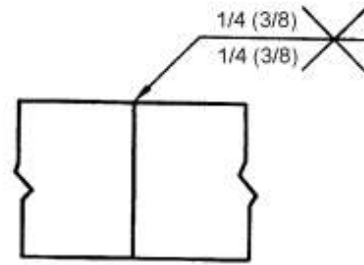
(A) Sección transversal de la soldadura



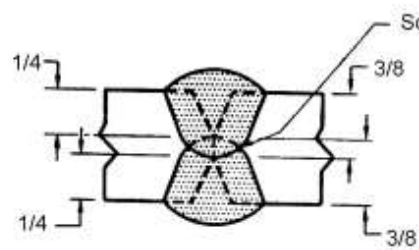
Símbolo



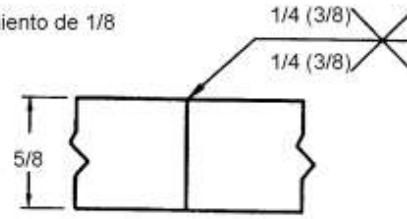
(B) Sección transversal de la soldadura



Símbolo

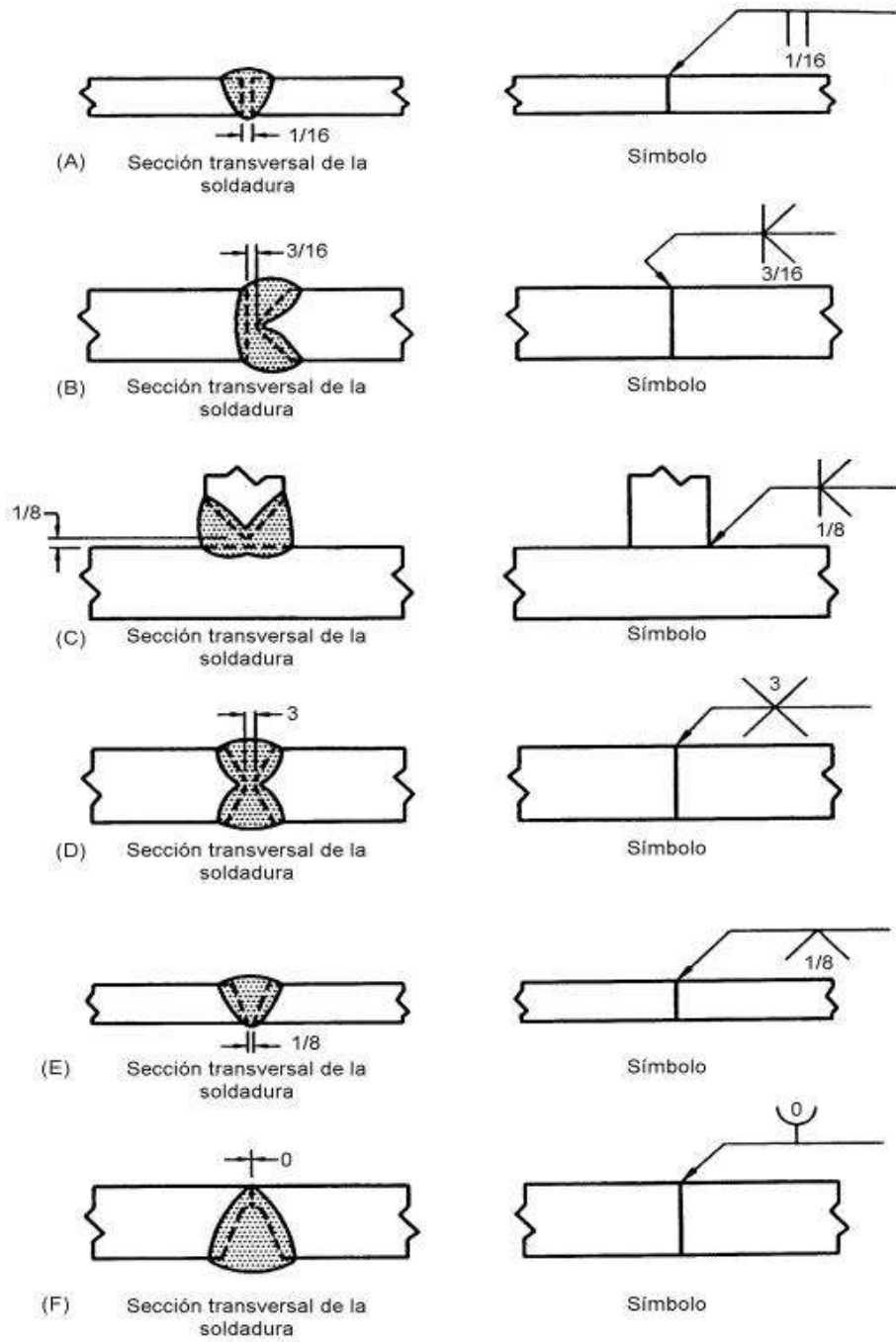


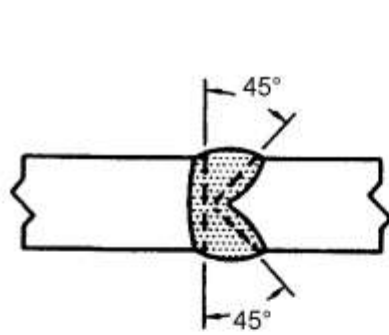
(C) Sección transversal de la soldadura



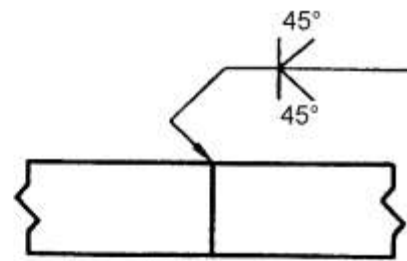
Símbolo

Nota: medida total de la soldadura = 5/8

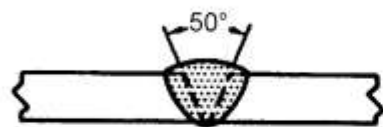




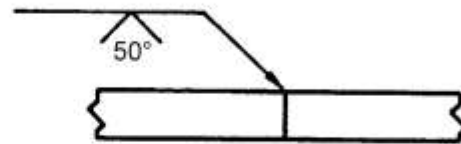
(A) Sección transversal de la soldadura



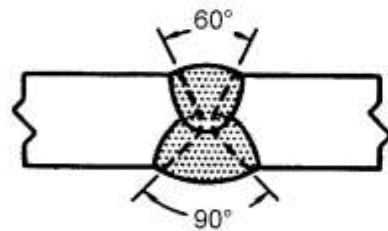
Símbolo



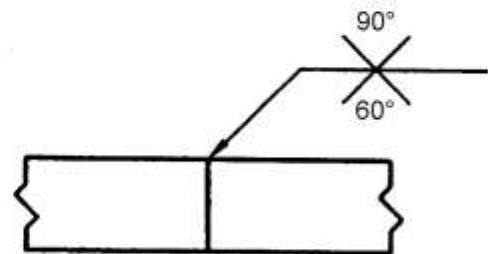
(B) Sección transversal de la soldadura



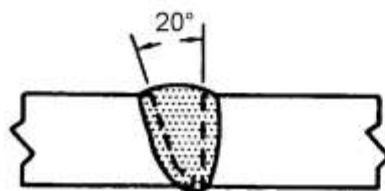
Símbolo



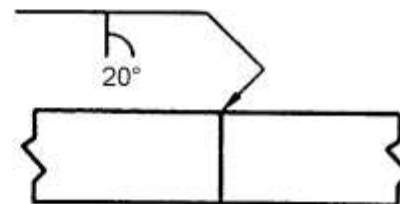
(C) Sección transversal de la soldadura



Símbolo

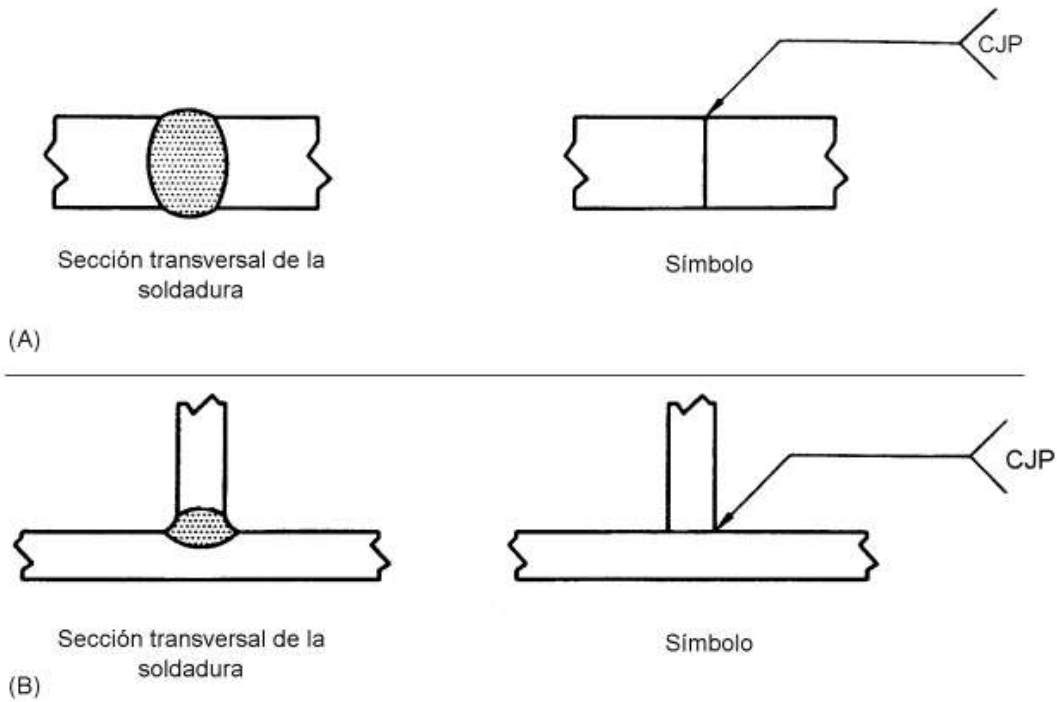


(D) Sección transversal de la soldadura

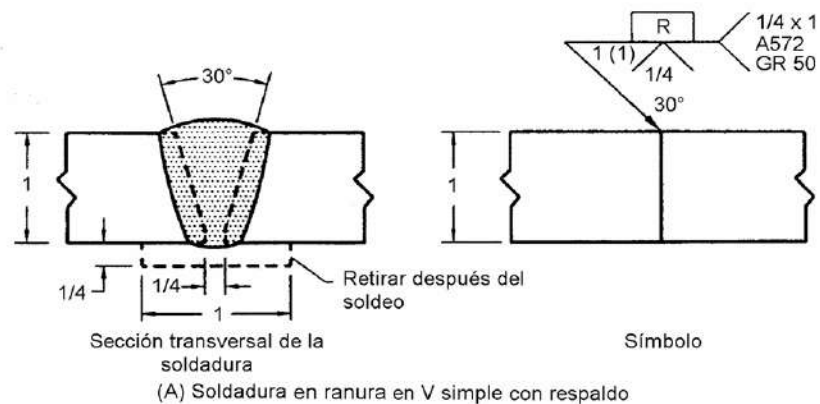


Símbolo

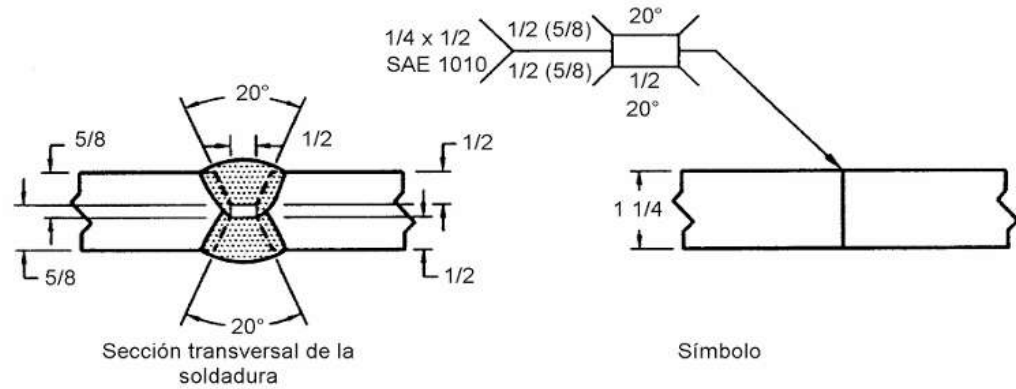
Para penetración completa puede declararse omitiendo S y E en uniones simétricas o consignando CJP en la cola como se ve:



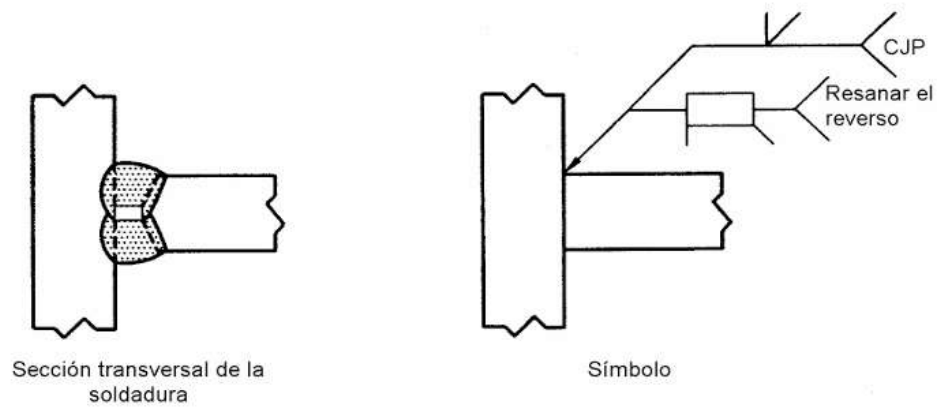
Reverso y respaldo: Cuando exista **respaldo**, el símbolo de respaldo se ubica en el **lado opuesto** al símbolo de la ranura; si el **respaldo será retirado**, se añade una “R” en el símbolo de respaldo como se ve:



Si la unión requiere **espaciador**, se usa el **rectángulo** dentro del símbolo de ranura; en **líneas de referencia múltiples**, el rectángulo debe aparecer en la **línea más próxima a la flecha**:

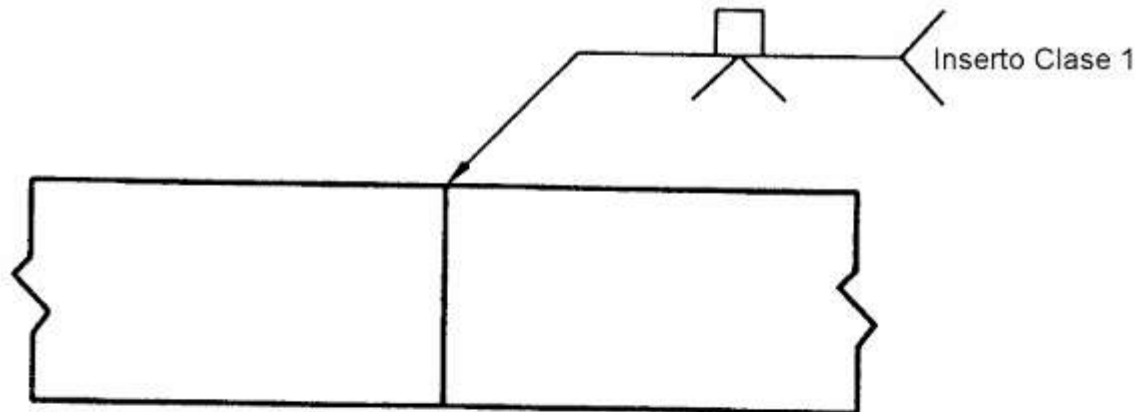


(B) Soldadura en ranura en V doble con espaciador

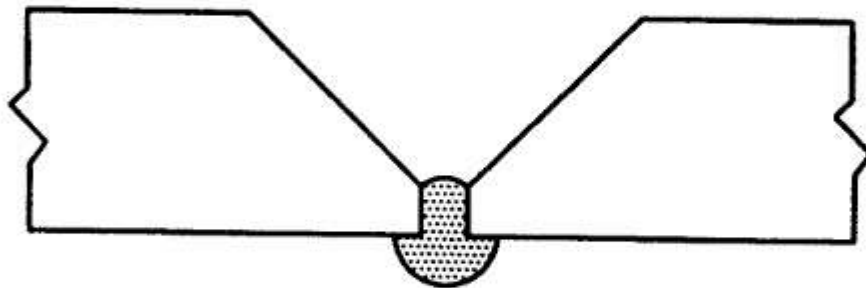


(C) Soldadura en ranura con bisel doble con espaciador

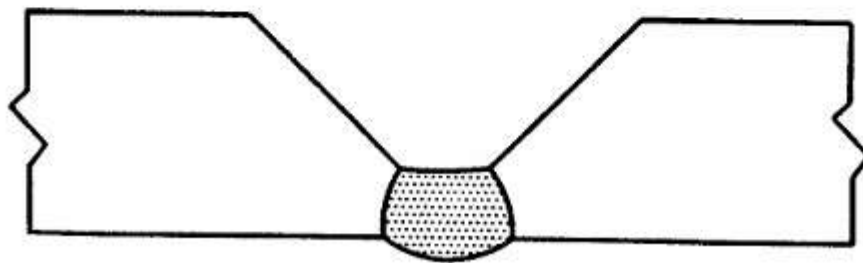
Insertos consumibles y ranuras ensanchadas: Los **insertos consumibles** se indican en el **lado opuesto** al símbolo de la ranura y su **clase AWS** se consigna en la **cola** como se ve:



(A) Unión con símbolo de soldeo

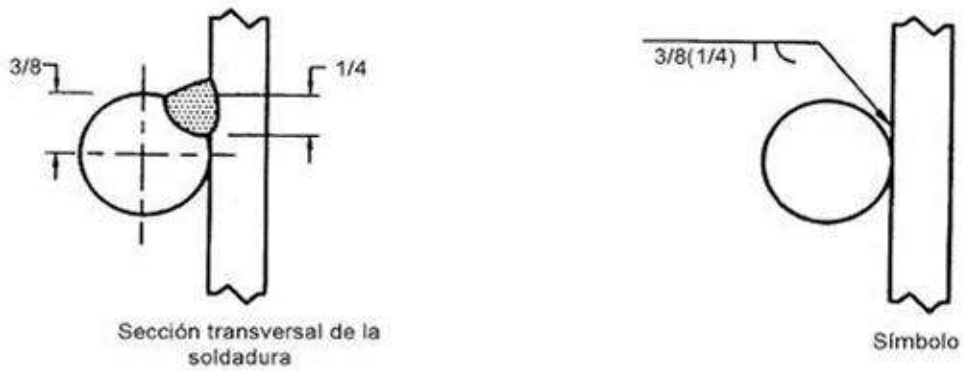


(B) Geometría de la unión con el inserto colocado

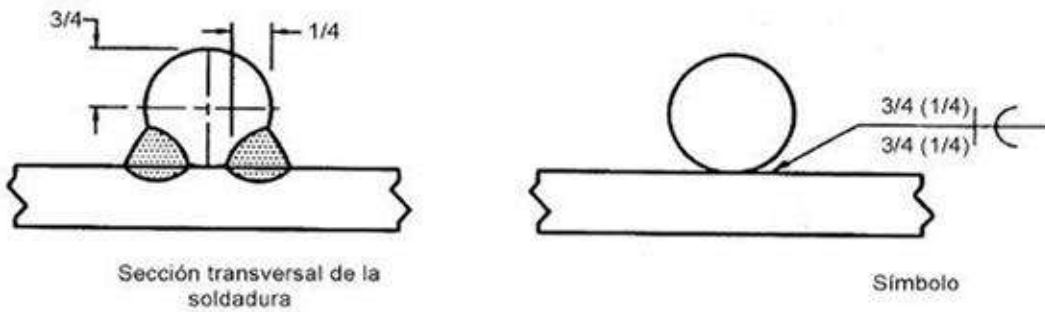


(C) Unión con la pasada de raíz terminada

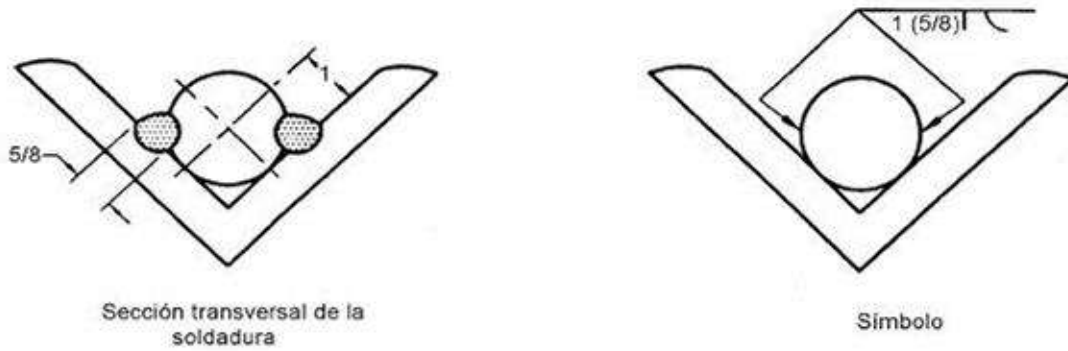
Para **ranuras ensanchadas**, la dimensión **S** llega hasta el **punto de tangencia**, conforme a la convención de la norma como se ve:



(D) Soldadura en ranura con bisel ensanchado simple



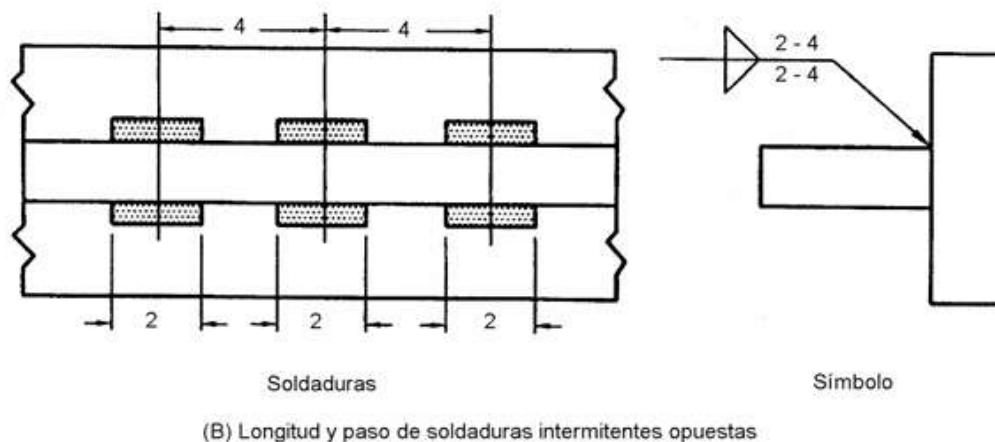
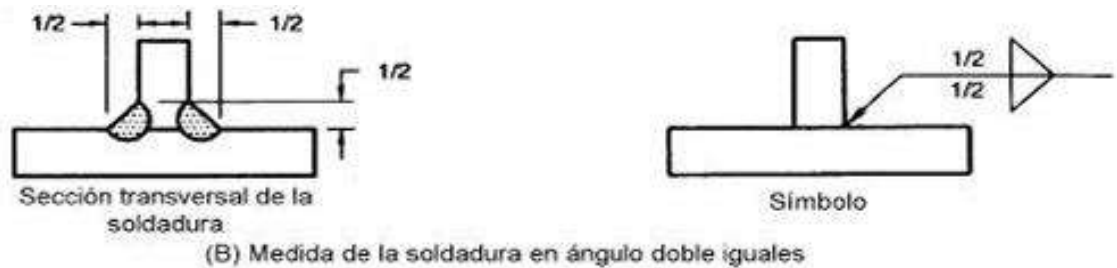
(E) Soldadura en ranura con bisel ensanchado doble



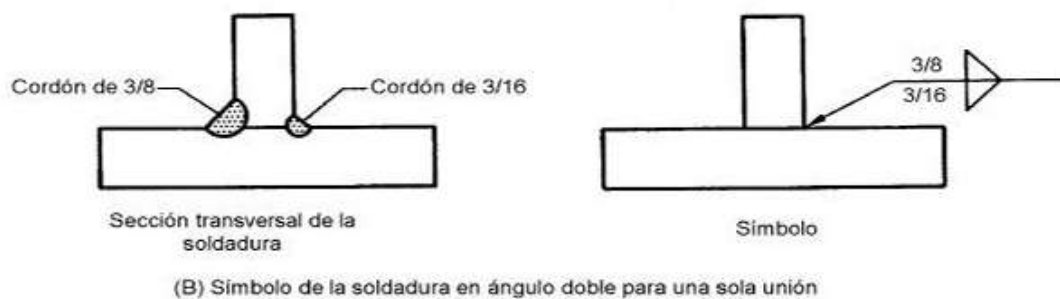
(F) Dos soldaduras en ranura en bisel ensanchado simple

E.6.2.2 Soldaduras en filete

La medida del filete se anota a la izquierda del símbolo y la longitud a la derecha; en filetes intermitentes, se especifican longitud-paso (L-P) y si son opuestos/enfrentados o escalonados.

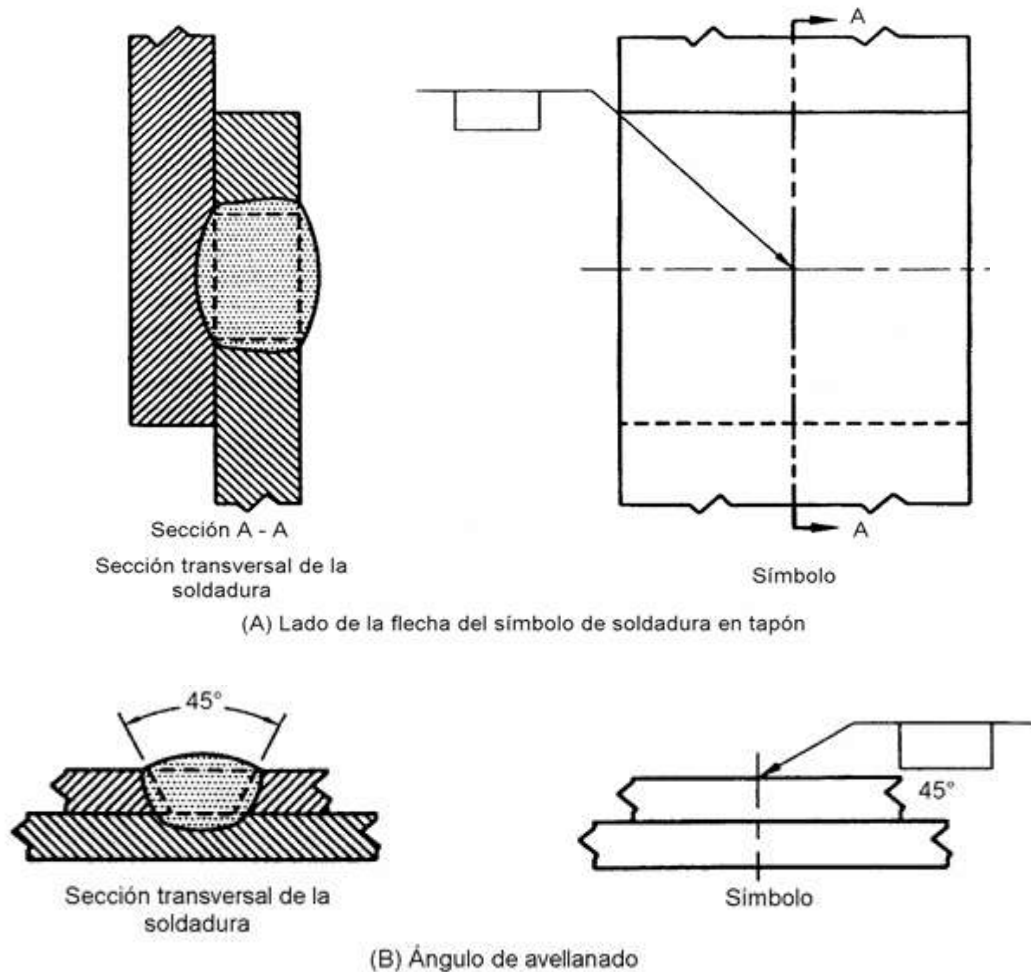


Los contornos y acabados (a paño, convexo, cóncavo; M, G, etc.) se añaden al símbolo cuando se requieran, manteniendo la lectura normalizada, con casos integrales de filete:



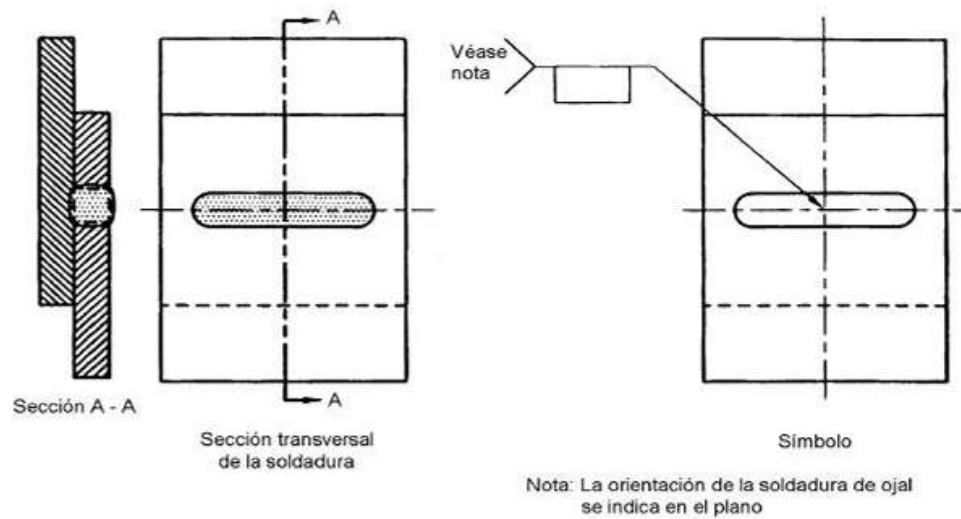
E.6.2.3 Soldadura en tapón

Se usa cuando se sueldan **agujeros** en la pieza indicada por la flecha. El **diámetro del agujero** (\varnothing) se anota **a la izquierda** del símbolo; pueden indicarse **ángulo de avellanado** (encima o debajo del símbolo), **profundidad de relleno** (dentro del símbolo), **paso** (a la derecha) y **número de soldaduras** (entre paréntesis), como se ve:

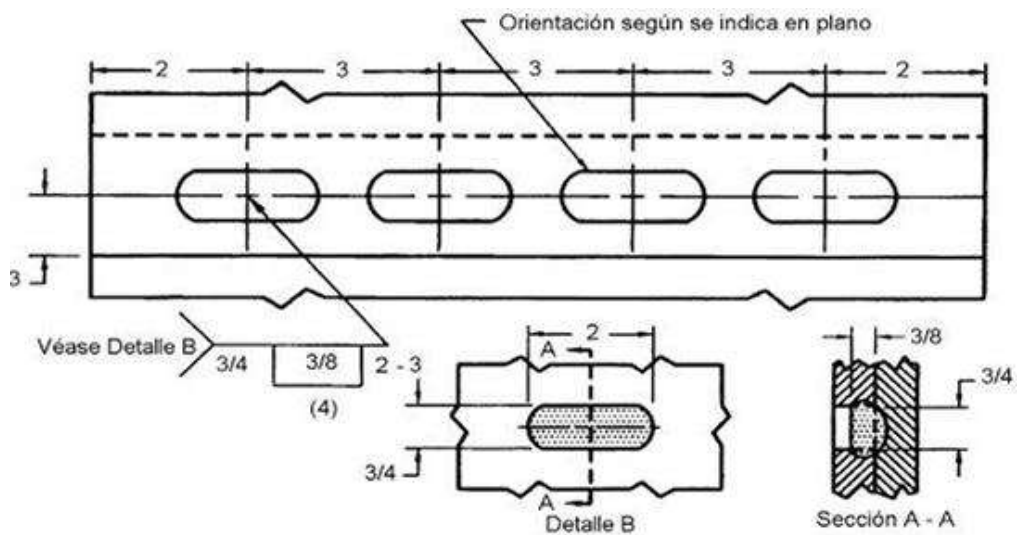


E.6.2.4 Soldadura en canal u ojal

El **ancho** del canal se consigna **a la izquierda** y la **longitud a la derecha**; el **ángulo de avellanado** se ubica **sobre o bajo** el símbolo según corresponda; la **profundidad de relleno** va **dentro** del símbolo y el **paso** se agrega **a la derecha** tras un guión, como se ve:



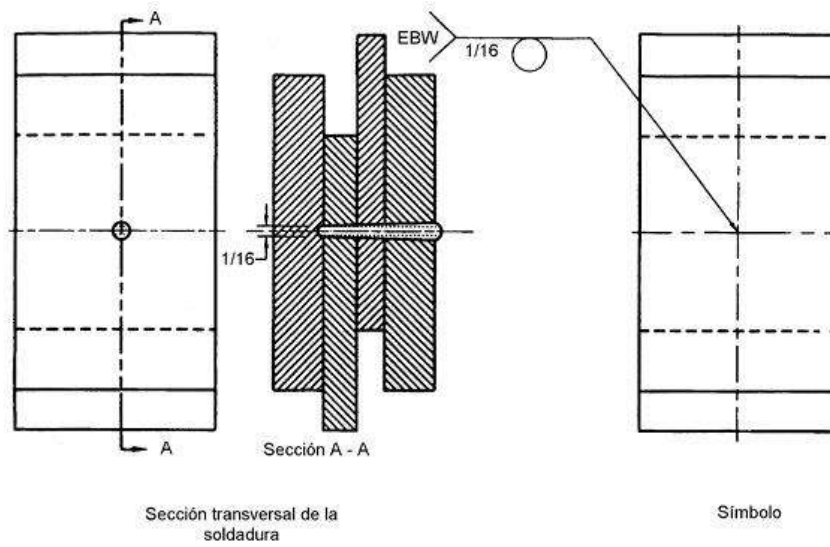
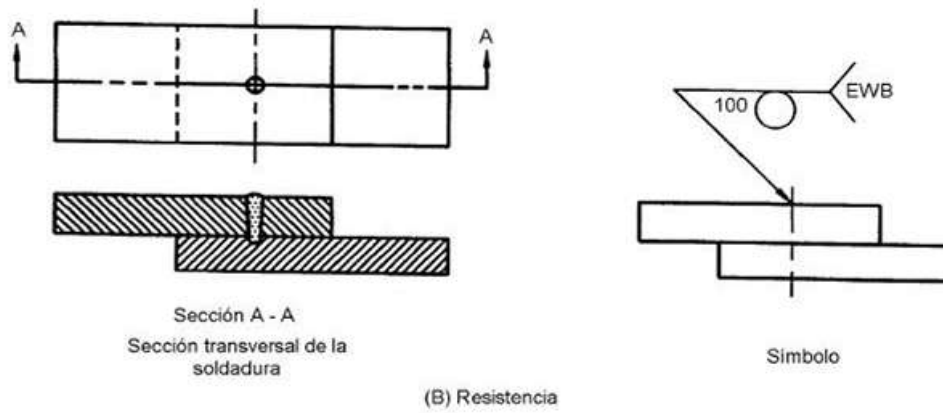
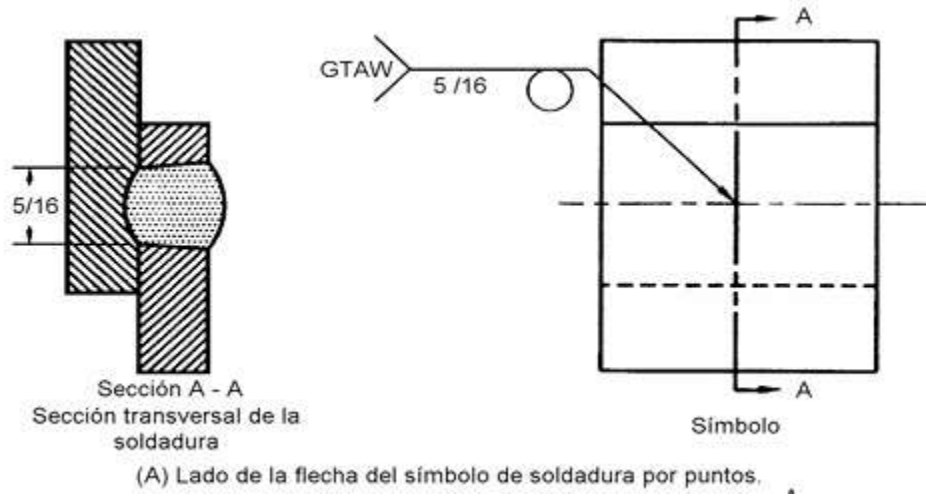
(A) Lado de la flecha del símbolo de soldadura de ojal



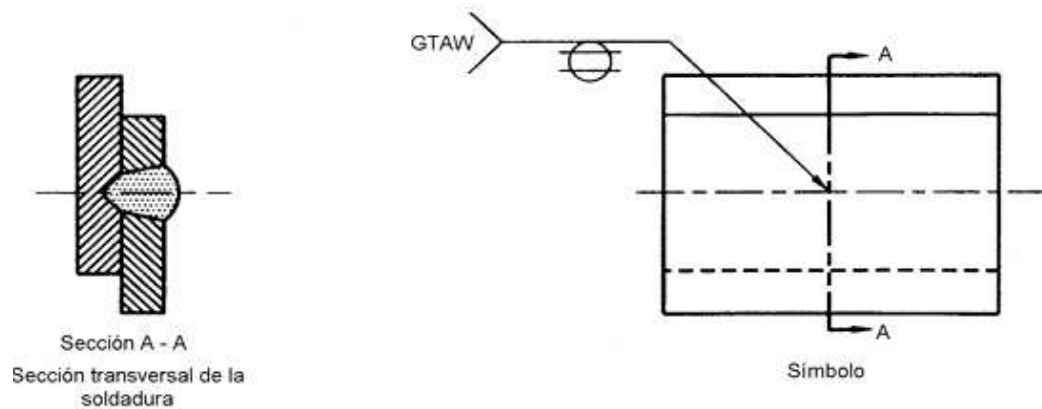
(B) Soldadura de canal parcialmente rellenas

E.6.2.5 Soldaduras por puntos y por costura

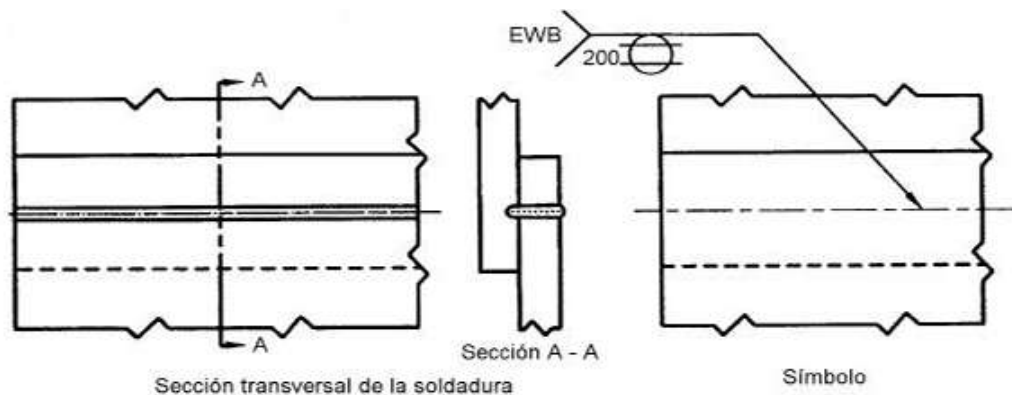
En puntos, el lado puede tener o no significado según el proceso: si tiene, debajo es lado de la flecha y encima es otro lado; si no tiene significado, el símbolo se centra en la línea de referencia. Se especifican medida (diámetro en intercara) o resistencia, así como paso, número y extensión:



Para costura, la medida (ancho en intercara) o resistencia van a la izquierda, la longitud a la derecha, y en intermitente el paso sigue a la longitud con guion; las reglas de lado/otro lado o sin significado se aplican análogamente:



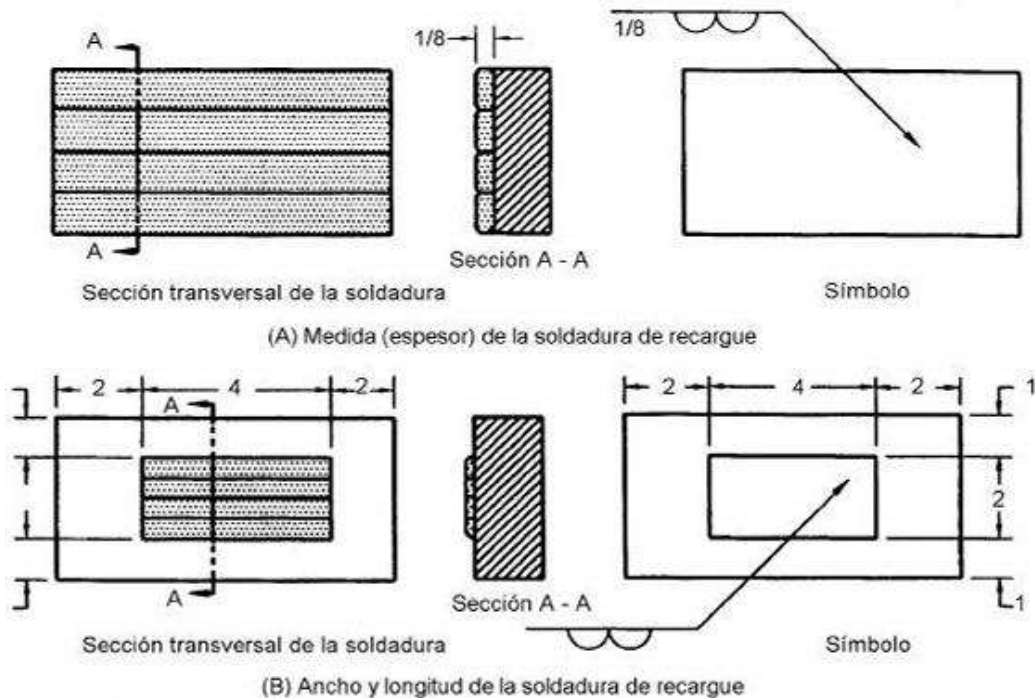
(A) Lado de la flecha del símbolo de soldadura por costura.



(B) Resistencia de las soldaduras por costura

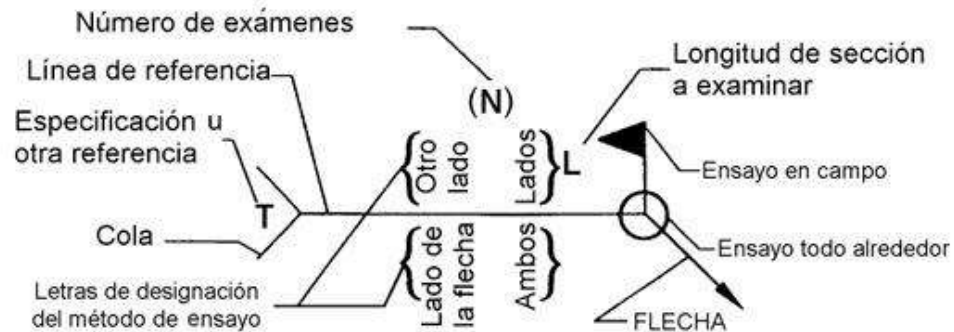
E.6.2.6 Recargue

El recargue no representa una unión, sino material añadido sobre la superficie. Tiene significado del lado (símbolo debajo). La medida (espesor) se indica a la izquierda; si existen múltiples pases, se emplean líneas de referencia múltiples con la medida por pasada y, si aplica, la dirección de soldeo en la cola o en una nota del plano. Para área completa, basta el espesor; para área parcial, la extensión/situación/orientación se define en el dibujo como:



E.6.2.7 Integración de END en los planos de soldadura

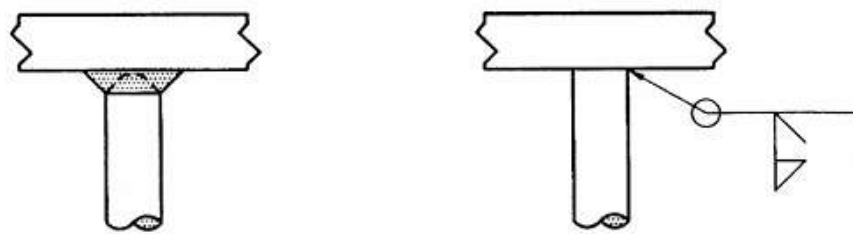
Cuando se requieran ensayos no destructivos (END), se integra su símbolo normalizado: línea de referencia y flecha, letras de designación (VT, PT, MT, RT, UT, etc.), extensión/número, símbolos complementarios y cola para especificaciones/códigos. Las letras se ubican debajo para el lado de la flecha, encima para el otro lado, o centradas si no tienen significado de lado; también pueden indicarse todo-alrededor, ensayo en campo, dirección de radiación, longitud/porcentaje a examinar y número de exámenes (como se ve en la siguiente figura, que muestra la situación normalizada de los elementos del símbolo de END):



E.6.3 Procedimiento de verificación

Antes de sacar el plano, diseño debe comprobar que las dimensiones asociadas al símbolo (p. ej., S, E, Ø, ancho/longitud, paso, número) están ubicadas según las reglas y que la extensión se entiende sin ambigüedad (como se ve en las figuras para ranura y para filete/tapón/canal, vistas anteriormente).

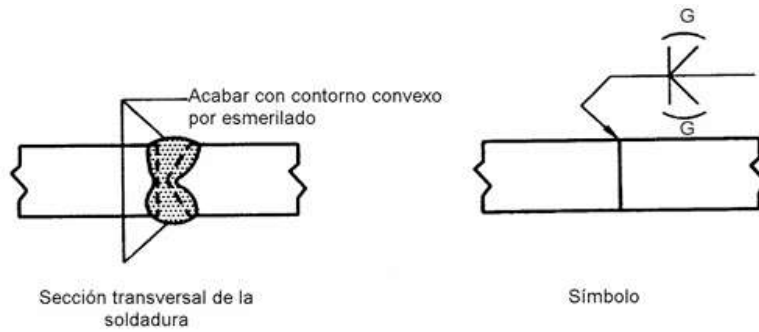
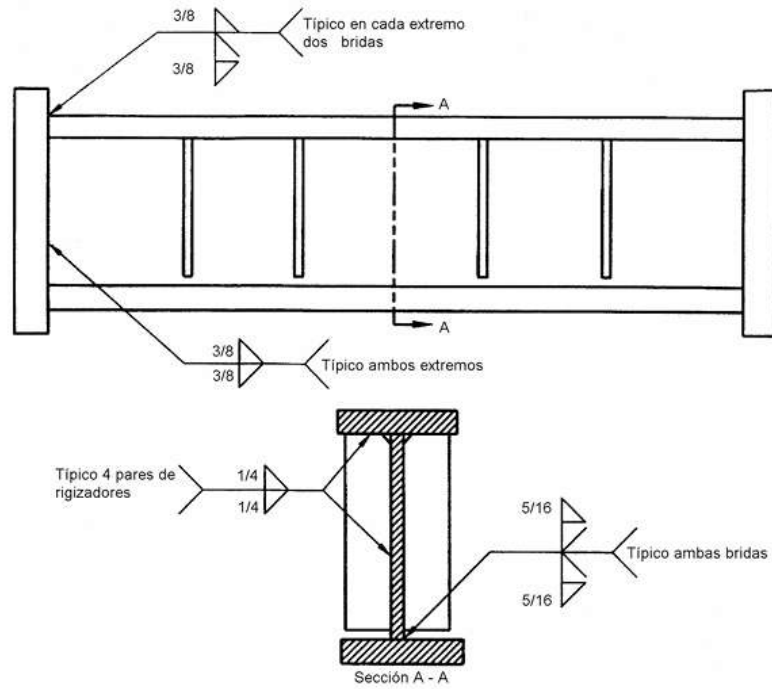
Producción/inspección verificará en piso que la ejecución corresponde a la situación del símbolo (debajo/encima/ambos/centrado), que la bandera de campo se respeta cuando aplica y que contorno/acabado coincide con lo indicado:



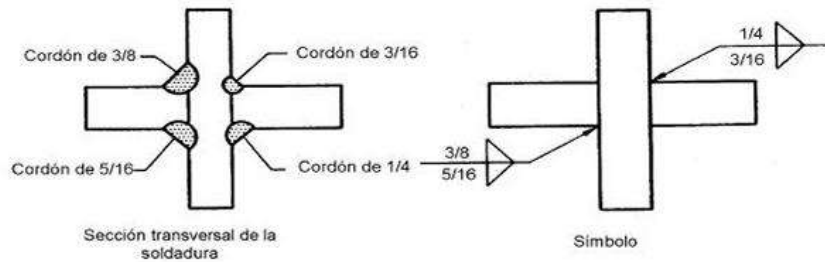
Soldaduras

(D) Soldadura alrededor de un eje.

Símbolo



(C) Símbolo de contorno convexo por ambos lados



(C) Símbolos de soldadura en ángulo doble para dos uniones.

E.6.4 Lista de verificación (Checklist)

Verificación	Cumple (✓/X)
Se usó la situación correcta del símbolo (debajo/encima/ambos/centrado) y, cuando correspondía, flecha con quiebre para indicar la pieza que se prepara.	
Las dimensiones de la soldadura (S, E, Ø, ancho/longitud, paso, número) están ubicadas según norma y la extensión es inequívoca.	
La cola declara proceso (p. ej., GMAW, GTAW) y documentos/códigos pertinentes, evitando duplicidad dentro del símbolo.	
Los contornos (a paño, convexo, cóncavo) y posibles acabados (M, G, etc.) están indicados; si la superficie requiere plano pero no a paño, se añadió nota en la cola.	
Cuando aplica, se integró el símbolo de END con letras de designación, extensión/porcentaje y número de exámenes.	
En ranuras con respaldo/espaciador o insertos, se indicaron correctamente símbolos y notas (p. ej., “R” si el respaldo se retira; clase AWS del inserto).	