



# SISTEMAS DE CAÑERÍA EN ACERO



# Índice

## 1.0

|  |   |
|--|---|
| Fabricación de cañerías de acero           | 5 |
| Fabricación sin costura                    | 5 |
| Fabricación con costura longitudinal       | 6 |
| Fabricación con soldadura en espiral       | 6 |
| Fabricación a partir de plancha cilindrada | 6 |
| Clasificación de las cañerías de acero     | 7 |

## 2.0

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Tipos de unión             | 9  |
| Acople roscado             | 9  |
| Unión por soldadura        | 10 |
| Unión por flange           | 10 |
| Acople patentado Victaulic | 14 |
| Acople ranurado Klambon    | 15 |
| Acople ProlinerTM          | 15 |
| Acople de alta presión     | 16 |
| Acople tipo Dresser        | 16 |

## 3.0

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Revestimiento de acero        | 18 |
| Revestimiento en HDPE         | 18 |
| Esquema industrial de pintura | 19 |
| Revestimiento en Caucho       | 19 |
| Revestimiento en Poliuretano  | 19 |
| Otros revestimientos          | 19 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| <b>4.0</b>                                  |  |    |
| Fabricación de spools                       |  | 20 |
| Dimensionamiento                            |  | 20 |
| Curvado                                     |  | 26 |
| Biseles para soldadura                      |  | 34 |
| Limpieza                                    |  | 36 |
| Pintura                                     |  | 38 |
| <b>5.0</b>                                  |  |    |
| Manipulación                                |  | 39 |
| Extremos que deben protegerse siempre       |  | 39 |
| Protecciones especiales                     |  | 39 |
| Carga y despacho de spools                  |  | 42 |
| <b>6.0</b>                                  |  |    |
| Aseguramiento de calidad                    |  | 43 |
| Tolerancias de fabricación                  |  | 43 |
| Clasificación de colores según el material  |  | 45 |
| Control de materiales                       |  | 47 |
| Inspección y testeo                         |  | 49 |
| <b>7.0</b>                                  |  |    |
| Tablas dimensionales                        |  | 52 |
| Dimensiones de cañería                      |  | 52 |
| Extremos de soldadura – ASME B 16.5         |  | 54 |
| Tee y tee reducida – ASME B 16.9            |  | 56 |
| Codos y retornos – ASME B 16.9              |  | 57 |
| Dimensiones flanges clase 150 – ASME B 16.5 |  | 58 |
| Dimensiones flanges clase 300 – ASME B 16.5 |  | 59 |

# Fabricación de cañerías de acero 1.0

Aunque es difícil establecer las propiedades físicas y mecánicas del acero, debido a que estas varían con los ajustes en su composición y los diversos tratamientos térmicos a los que pueden ser sometidos, se pueden citar algunas características genéricas:

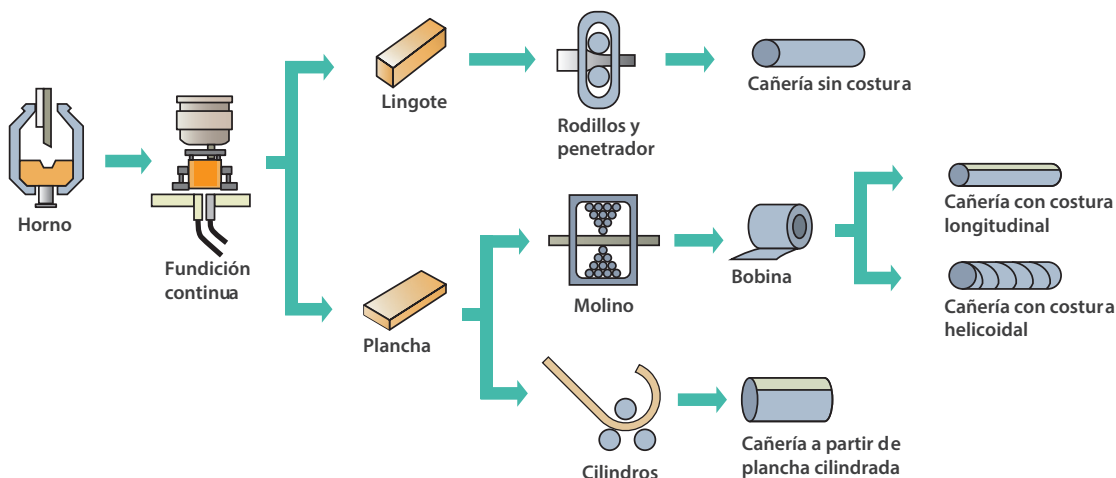
|                     |  |
|---------------------|--|
| Densidad Media      | 7850 kg/m <sup>3</sup>                       |
| Punto de Fusión     | Depende de la aleación, alrededor de 1375 °C |
| Punto de Ebullición | Alrededor de los 3000 °C                     |

La Corrosión es la mayor desventaja de los aceros, ya que el acero se oxida con suma facilidad incrementando su volumen y provocando grietas superficiales que posibilitan el progreso de la oxidación hasta que se consume la pieza por completo. Tradicionalmente las cañerías de acero son protegidas de la corrosión mediante diversos tratamientos superficiales, como galvanizado, esquemas de pintura o revestimiento en polietileno de alta densidad (HDPE), o bien mediante la aleación con otros elementos.

A continuación se enumeran los procesos más utilizados para fabricar cañerías de acero. Dentro de estos procesos existen, además, etapas para asegurar la calidad del producto, como la detección de fallas del material o soldadura, o bien pruebas hidrostáticas de presión.

## Fabricación sin costura

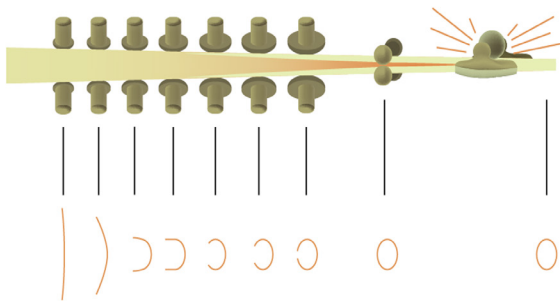
También es llamada fabricación sin soldadura. Comienza con un lingote cilíndrico, que es calentado en un horno a una temperatura aproximada de 1200 °C y que luego es trasladado entre rodillos inclinados. Entre ellos está situada una barra metálica con punta (penetrador o mandril), que perfora el lingote y forma el interior del tubo, mientras los rodillos forman el exterior. La principal ventaja de este método es que la cañería logra una mayor contención de la presión, gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones.



# 1.0 Fabricación de cañerías de acero

## Fabricación con costura longitudinal

El proceso comienza con una lámina de chapa que se dobla para darle la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro, por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y, con ello, diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible. La principal ventaja de este método es que se logra un espesor uniforme, definido por la lámina inicial.



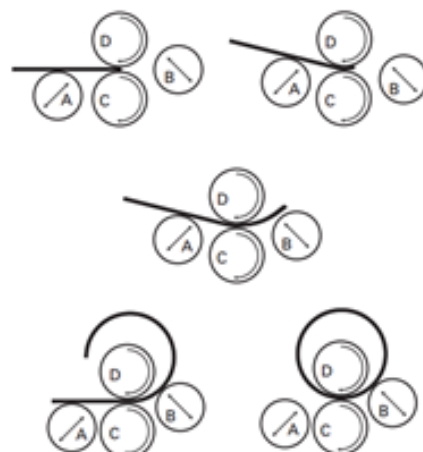
## Fabricación con soldadura en espiral

También es llamada fabricación helicoidal. La metodología es la misma que en la fabricación con costura, con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la cañería siguiéndola, como si fuese roscada. Este método permite fabricar cañerías de mayores diámetros y más resistentes.

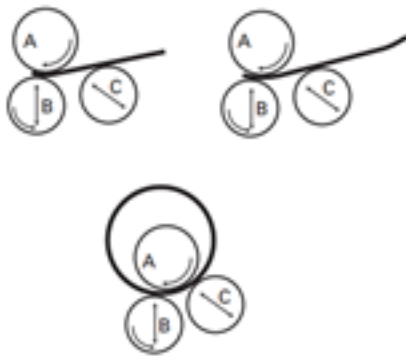


## Fabricación a partir de plancha cilindrada

También es llamada fabricación a partir de virolas. Es un método destinado a fabricar tuberías de gran diámetro o de gran espesor, típicamente utilizado en la industria hidroeléctrica. Consiste en curvar una plancha de acero mediante tres o cuatro cilindros, dependiendo de la especificación del cliente o fluido a transportar.



Fabricación con cuatro cilindros



Fabricación con tres cilindros



## Clasificación de las cañerías de acero según el material

Los aceros para cañería se pueden clasificar en tres grupos principales:

### 1. Aceros al carbono

El acero es una aleación de hierro con carbono en una proporción que oscila entre 0,03 y el 1,76%. En general, mientras mayor sea su composición de carbono, mayores serán la dureza y los límites de fluencia y de ruptura, pero menores serán su solubilidad y su capacidad de doblarse.

Mundialmente, dos tercios de los aceros utilizados en cañerías son aceros al carbono. Estos aceros contienen, además, hasta un 1% de manganeso (que incrementa los límites de fluencia y ruptura), un 0,1% de silicio (que aumenta la resistencia a la oxidación a altas temperaturas y la resistencia al

| Norma | Especificación | Costura                | Calidad | Uso              |
|-------|----------------|------------------------|---------|------------------|
| ASTM  | A 106          | sin costura            | alta    | alta temperatura |
| ASTM  | A 53           | con o sin costura      | media   | general          |
| ASTM  | A 120          | con o sin costura      | baja    |                  |
| API   | 5L             | con o sin costura      | media   | similar a A 53   |
| API   | 5LX            | con o sin costura      | baja    | oleoductos       |
| ASTM  | A 134          | Longitudinal o espiral |         |                  |

Normas comúnmente utilizadas para la fabricación de cañerías de acero



# 1.0 Fabricación de cañerías de acero

impacto a bajas temperaturas) y un 0,6% de cobre. Sus límites de temperatura son normalmente de -30 a +400 °C. Sus límites de fluencia y de ruptura dependen de su concentración de carbono.

Para otorgar una mayor resistencia a la corrosión, el acero al carbono se puede someter a un tratamiento llamado galvanizado, que consta de una capa de zinc de 0,1 mm aproximadamente, por inmersión a una temperatura de 500 °C.

|                         | % C (máx) | % Mn        | % Si | Ruptura (Kg/mm <sup>2</sup> ) | Fluencia (Kg/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|-----------|-------------|------|-------------------------------|--------------------------------|
| Grado A (bajo carbono)  | 0,25      | 0,27 – 0,93 | 0,1  | 34                            | 20                             |
| Grado B (medio carbono) | 0,30      | 0,29 – 1,06 | 0,1  | 41                            | 24                             |
| Grado C (alto carbono)  | 0,35      | 0,29 – 1,06 | 0,1  | 48                            | 27                             |

Algunas especificaciones de acero carbono

## 2. Aceros de baja aleación

Estos aceros están típicamente compuestos por una proporción de hasta un 5% de elementos adicionales, que pueden ser molibdeno (mayor resistencia a altas temperaturas), cromo (mayor resistencia a la oxidación) o níquel (mayor resistencia a bajas temperaturas), además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono.

La especificación más usada para cañerías de baja aleación son la ASTM A 333 para baja temperatura y la A335 para alta temperatura.

## 3. Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables son aquellos que contienen cromo por sobre 11%, y que en exposición prolongada a la intemperie no se oxidan. Los más usados son elementos austeníticos (metales no

ferrosos), con 16% a 26% de cromo y 9% a 12% de níquel, entre otros.

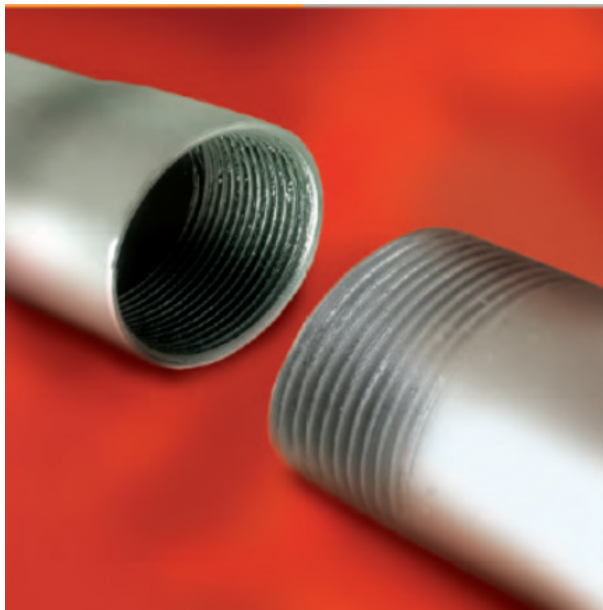
Tienen gran resistencia a la rotura, incluso en temperaturas extremas (-270 °C a 1100 °C), y elevada resistencia a la mayoría de los fluidos industriales. Sin embargo, su resistencia a la oxidación se puedePara otorgar una mayor resistencia a la corrosión, el acero al carbono se puede someter a un tratamiento llamado galvanizado, que consta de una capa de zinc de 0,1 mm aproximadamente, por inmersión a una temperatura de 500 °C.



Los diversos tipos de unión sirven no sólo para vincular secciones de cañería entre sí, sino también para conectarlos con diversos accesorios, válvulas y equipos.

## *Acople roscado*

Se usan principalmente en instalaciones secundarias o domiciliarias. Puede venir preparada de fábrica o también puede ser mecanizada en obra con equipos portátiles cuando los largos no son estándar.



## Ventajas

- ✓ Fácil montaje, mecanizando la rosca sobre la misma cañería
- ✓ Fácil desacople para mantención o recambio

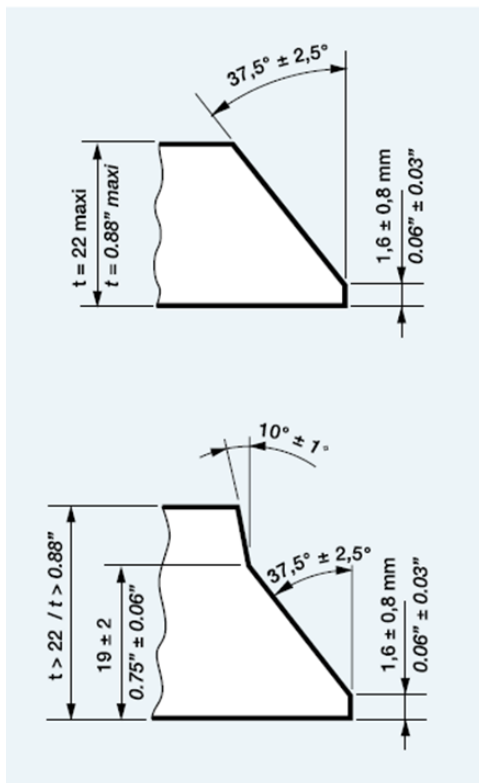
## Precauciones

- ✓ No apto para diámetros grandes
- ✓ No aptas para altas presiones
- ✓ Se recomienda un espesor igual o superior a Sch 80, debido a que la rosca debilita la pared de la cañería

## 2.0 Tipos de Unión

### Unión por soldadura

La más utilizada es la soldadura de arco protegido a tope, que aplica a toda la gama de presiones y temperaturas. Las cañerías y demás accesorios para esta soldadura deben tener sus extremos preparados con biseles que dependen del espesor del caño.



Biseles para soldaduras a tope



#### Ventajas

- ✓ Apto para altas presiones de trabajo, debido a una buena resistencia mecánica
- ✓ Estanquedad
- ✓ Sin necesidad de mantenimiento

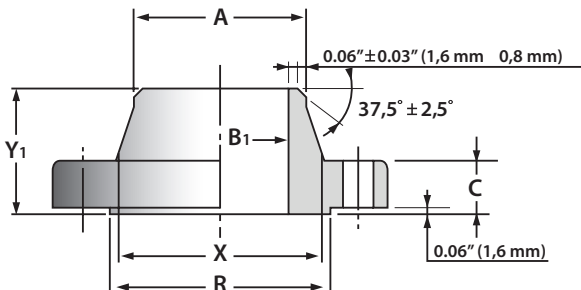
#### Precauciones

- ✓ El extremo de la cañería debe ser biselado
- ✓ La unión no es flexible ni desmontable
- ✓ La calidad de la soldadura depende de la calificación del soldador

### Unión por flange

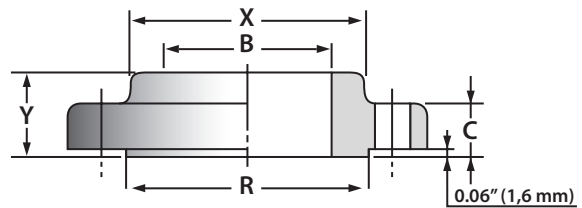
La unión por flange o brida es un acople desmontable no flexible, que está compuesto por dos flanges que se unen mediante pernos o espárragos (pernos sin cabeza).

a. Welding neck



Normalmente se prefieren cuando las uniones deben ser radiografiadas o los esfuerzos sobre sus uniones son muy altos. Su cuello cónico optimiza la distribución de tensiones. El espesor de la cañería deberá coincidir con el flange.

b. Slip-on



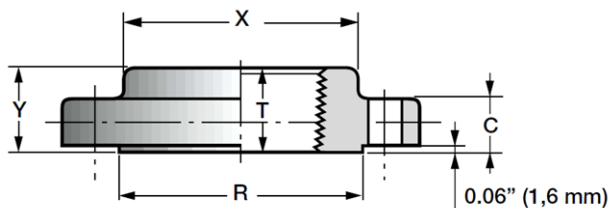
Este es el más usado de todos. El diseño permite que la cañería se deslice por dentro del flange. No se requiere que la terminación del tubo sea perfecta, ya que queda tapada por uno de los dos cordones de soldadura, por eso es el más económico.

## 2.0 Tipos de Unión

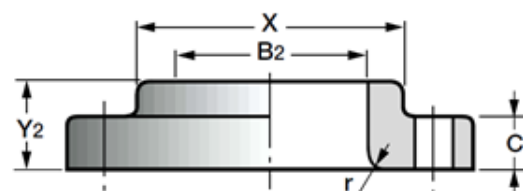
c. Threaded



d. Lap joint

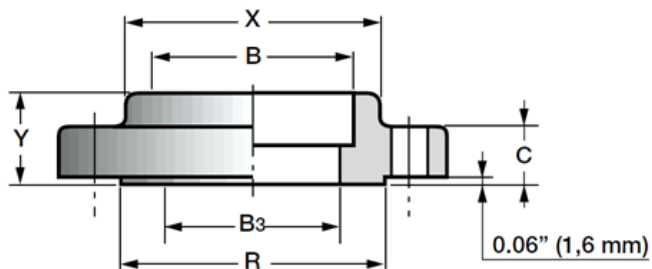


Se usan en cañerías con hilos para zonas en las que no es posible hacer soldaduras, hasta 24". No se recomienda su instalación en áreas de variaciones de presiones internas.

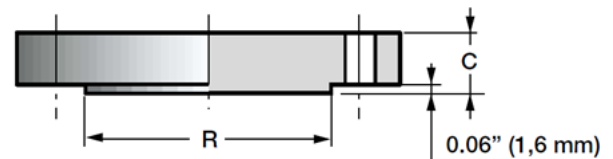


También llamados flanges con solapa, se usan hasta 24". Se desplazan sobre stub ends y se usan en áreas donde se requiere un desarme frecuente para limpieza, revisión o reparación. Al ser posible girarlos, su armado y desarmado es más fácil.

e.Socket Weld



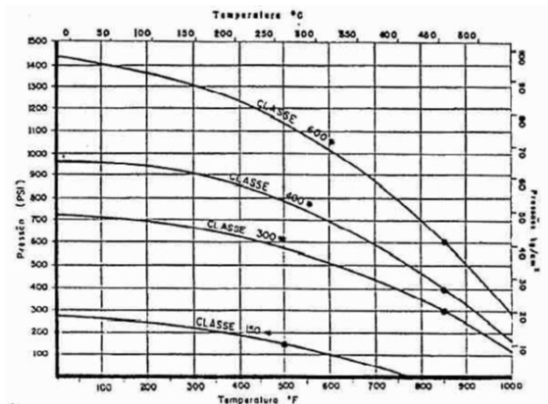
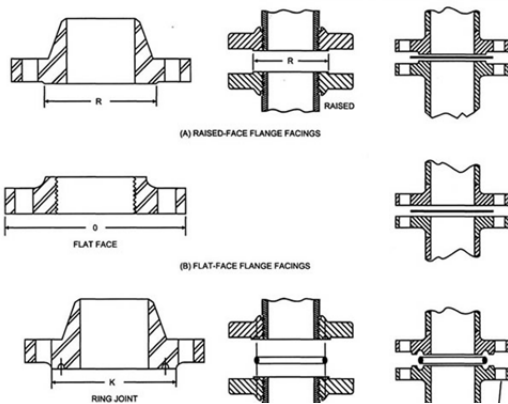
f.Ciego



Se usa para diámetros pequeños, hasta 3", y para altas presiones. Es crucial que el espesor de pared de la cañería coincida con el flange.

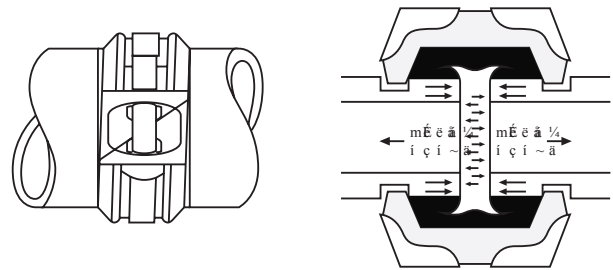
# 2.0 Tipos de Unión

En general, el facing de los flanges es de tipo raised face (RF), flat face (FF) o ring joint face (RJF).



## Acople patentado Victaulic

El acople consiste en dos o más arcos pivotados sobre pernos que abrazan a los elementos de unión y son ajustados por uno o más pernos. Entre la unión metálica y el caño se coloca una junta flexible (caucho).



## Ventajas

- ✓ Acople flexible, que permite cargas de deflexión, torsión, expansión o tracción (axial)
- ✓ Atenuación de vibraciones
- ✓ Fácil acople y desacople, que agiliza el montaje, la mantención, la rotación periódica de las piezas y la expansión del sistema

- ✓ Bajo número de pernos por acople

- ✓ Por ser un acople ranurado, permite rotar la cañería, facilitando el alineamiento

- ✓ Estanqueidad

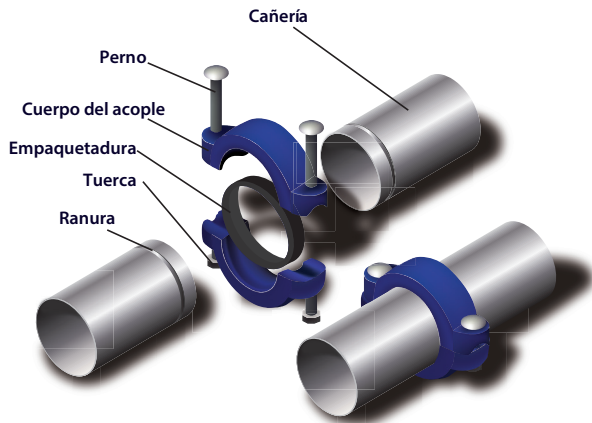
## Precauciones

- ✓ Los elementos a unir deben estar previamente ranurados

- ✓ Lubricación de la cara externa del sello antes del montaje

- ✓ Apriete final de acuerdo a torque especificado por el fabricante

## Acople ranurado Klambon



### Ventajas

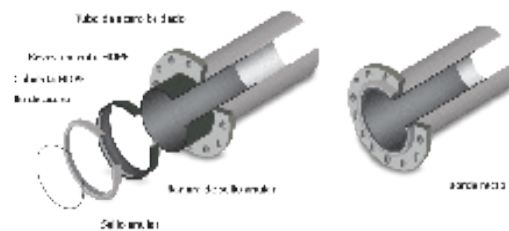
- ✓ Fácil acople y desacople, que agiliza el montaje, la mantención, la rotación periódica de las piezas y la expansión del sistema
- ✓ Admite tolerancia en las dimensiones
- ✓ Atenuación de vibraciones
- ✓ Permite deflexión de hasta 1,5° desde la línea central
- ✓ Por ser un acople ranurado, permite rotar la cañería, facilitando el alineamiento
- ✓ Bajo número de pernos por acople

### Precauciones

- ✓ Apriete final de acuerdo a torque especificado por el fabricante

- ✓ El sello debe estar completamente libre de deformaciones, alabeos o desgarramientos
- ✓ El sello de goma debe quedar centrado y totalmente protegido por el acople en el montaje

## Acople Proliner™



### Ventajas

- ✓ Acople de cañería de acero, revestida interiormente con liner de HDPE, lo que genera mayor resistencia ante la corrosión y abrasión, y disminuye la pérdida de carga por fricción
- ✓ Acople totalmente estanco, debido al doble sello producido por el sello anular de material según el fluido transportado, y por el mismo liner HDPE que sobresale de la cara de ajuste

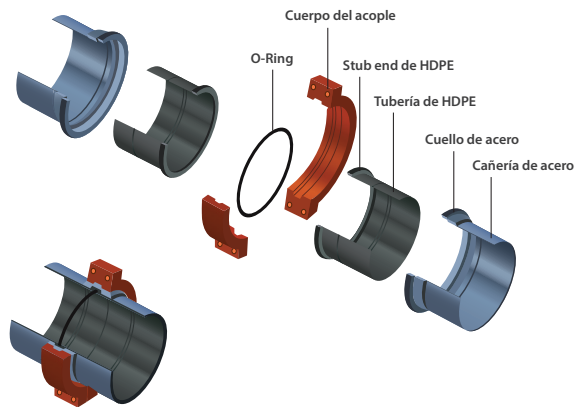
### Precauciones

- ✓ Apto hasta uniones clase 600 salvo diseño especial



# 2.0 Tipos de unión

## Acople de alta presión



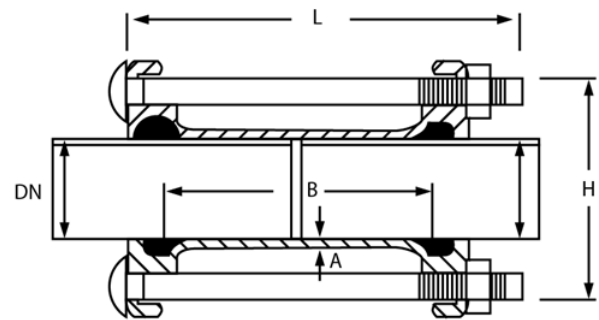
### Ventajas

- ✓ Admite alta presión de trabajo (clase 900)
- ✓ Fácil acople y desacople, que agiliza el montaje, la mantención, la rotación periódica de las piezas y la expansión del sistema
- ✓ Por ser un acople ranurado, permite rotar la cañería, y de este modo facilita el alineamiento
- ✓ Bajo número de pernos por acople

### Precauciones

- ✓ Apriete final de acuerdo a torque especificado por el fabricante

## Acople tipo Dresser



### Ventajas

- ✓ Mayor tolerancia a la deflexión, expansión y contracción por su naturaleza flexible. También es llamado acople mecánico deslizante

| Diámetro | Largo Anillo |      |      |
|----------|--------------|------|------|
|          | 5"           | 7"   | 10"  |
| 2 – 14"  | 4°           | 4°   | 4°   |
| 16 – 20" | 2 ½°         | 4°   | 4°   |
| 22 – 28" | 2°           | 4°   | 4°   |
| 30 – 38" | 1 ½°         | 3°   | 3 ½° |
| 42 – 48" | -            | 2 ½° | 3°   |

deflexión lineal máxima permitida

- ✓ Fácil montaje
- ✓ Fácil desacople y rotación periódica

## Precauciones:

- ✓ El sello de goma no debe quedar deformado en el montaje
- ✓ Todos los pernos deben colocarse en un mismo sentido
- ✓ Apriete final de acuerdo a torque especificado por el fabricante
- ✓ Acople no trabado

# 3.0 Revestimiento



Desde el punto de vista económico, usualmente no es conveniente usar aceros aleados o inoxidables para prolongar la vida de las cañerías, ya que el costo del suministro, montaje y soldadura de las instalaciones industriales en aceros especiales es varias veces mayor que el del acero al carbono.

El revestimiento, según el material, complementa las propiedades del acero de acuerdo a su uso. De este modo logra un mayor desempeño y vida útil en la conducción de fluidos en ambientes corrosivos (ataque químico) o abrasivos (desgaste mecánico). Permite diseños utilizando menores espesores de pared o materiales de menor costo.

## Revestimiento en HDPE

- ✓ Cañerías en diámetros de hasta 54" y en largos de hasta 12 m
- ✓ Flanges de 32 a 2000 mm

### Ventajas

- ✓ Gran resistencia a soluciones corrosivas del proceso minero e industrial.
- ✓ Se puede realizar el revestimiento interior y exterior de cañerías, flanges y piezas especiales de acero.
- ✓ Bajo costo y mejores plazos de entrega al compararse con aceros inoxidables y aceros especiales, como titanio o hastelloy.
- ✓ Sustituye al tubo de HDPE extruido cuando las presiones de trabajo están sobre los 20 a 25 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Gran resistencia al desgarramiento y al desprendimiento de material, por lo que mantiene la barrera química, debido a una adherencia superior a los 20 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Menor pérdida de carga por roce, que permite el aumento del caudal máximo y los ahorros de energía asociados al bombeo

### Tipos de proceso

- ✓ Dipping: baño de polietileno en lecho fluidizado, de acuerdo a la Norma Chilena 2087, que alcanza un espesor entre 0,46 y 0,6 mm. Apto para agua potable.
- ✓ Dipping tipo Revestec: baño de polietileno que alcanza espesores de hasta 1,5 mm interior y 0,8 mm exterior. Apto para agua industrial o agua salada.
- ✓ Rotomoldeo: revestimiento interior de cañerías o fitting con polietileno, mediante carga de

polietileno y rotación de la pieza, alcanzando espesor hasta 12 mm de acuerdo a su geometría. Apto para fluidos con alta corrosión, ácida o cáustica

## *Esquema industrial de pintura*

- ✓ Cañerías en diámetros de hasta 60" y en largos de hasta 24 m

### Ventajas

- ✓ Resistencia a soluciones corrosivas de procesos industriales
- ✓ Se puede realizar el revestimiento interior y exterior de cañerías, flanges y piezas especiales de acero
- ✓ Permite aplicación en terreno
- ✓ Apto para agua potable o industrial

### Precauciones

- ✓ Apto para fluidos con baja corrosión

## *Revestimiento en Caucho*

- ✓ Cañerías en diámetros de hasta 54" y en largos de hasta 12 m
- ✓ Revestimiento de spools y manifolds interior de hasta 50 mm

### Ventajas

- ✓ Resistencia a soluciones abrasivas

- ✓ Gran resistencia al desgarro y al desprendimiento de material

- ✓ Permite aplicación en terreno (caucho en frío)
- ### Precauciones

- ✓ No apto para fluidos corrosivos

## *Revestimiento en Poliuretano*

- ✓ Cañerías en diámetros de hasta 24" y en largos de hasta 6 m

- ✓ Revestimiento de spools y manifolds interior de hasta 50 mm

### Ventajas

- ✓ Resistencia a soluciones abrasivas
- ✓ Gran resistencia al desgarro y al desprendimiento de material

## *Otros revestimientos*

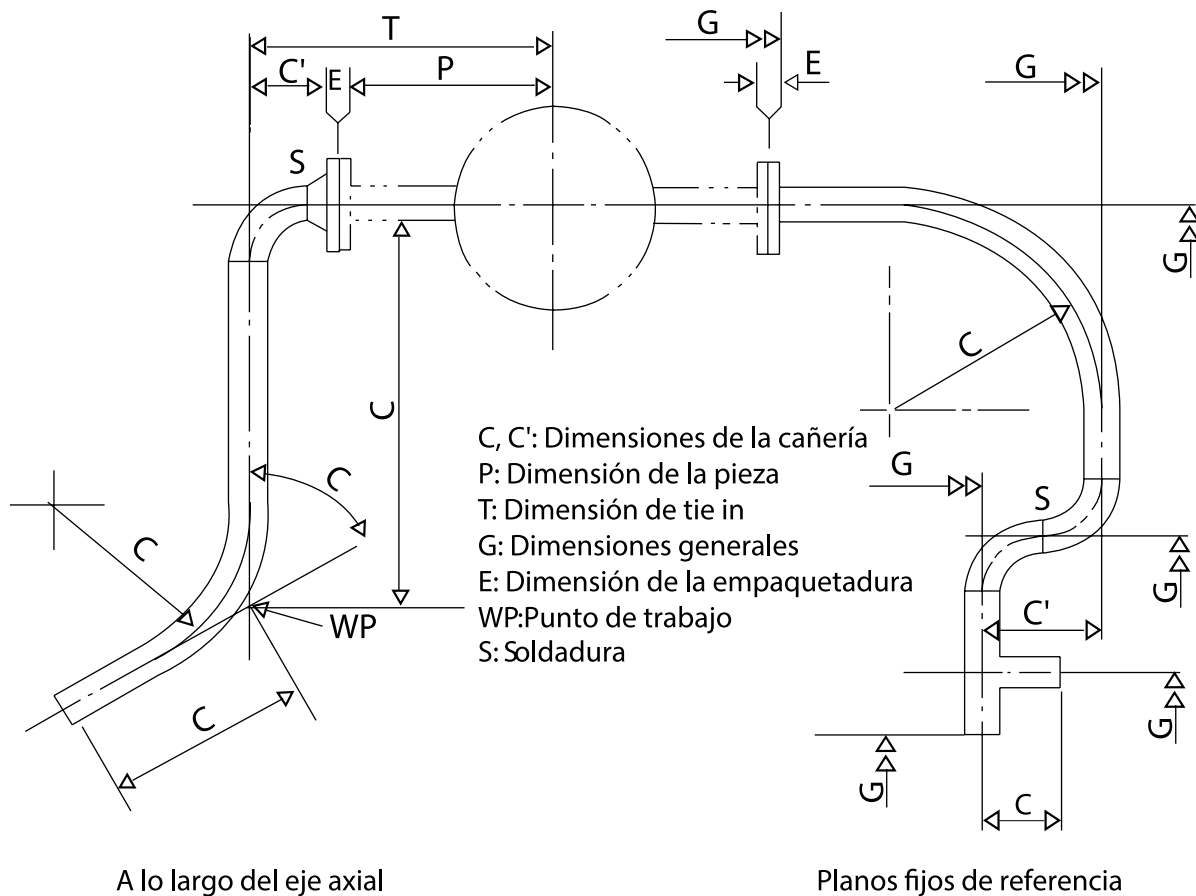
- ✓ Mortero cemento
- ✓ Asfalto Bituminoso
- ✓ Galvanizado
- ✓ Cerámico

# 4.1 Dimensionamiento

## Sistemas unidos por soldadura y flanges

La geometría de un sistema de cañería de sección circular puede ser completamente determinada por la ubicación del eje axial. Dado que

dos puntos determinan una línea recta, se recomienda que los ejes de la tubería sean ubicados en términos de puntos de trabajo, que pueden ser los puntos terminales o los cambios de dirección. La siguiente figura presenta dos métodos alternativos para ubicar puntos de trabajo:



A la izquierda se ilustra la ubicación de puntos de trabajo a lo largo del eje axial de la cañería, proporcionando información del largo y dirección de cada segmento consecutivo del eje.

A la derecha se ilustra la dimensión en términos de la ubicación de puntos de trabajo desde planos fijos de referencia, como la elevación del suelo, líneas de columnas, etc.

Aunque no es necesario para la determinación de la geometría en un sistema de cañería, es esencial que el ingeniero provea al fabricante la siguiente información adicional:

- ✓ Radio de curvatura
- ✓ Tipo de codo
- ✓ Empaquetaduras u otras tolerancias
- ✓ Tamaño de la cañería y espesor
- ✓ Tipo de conexión de derivación, como tee o ramal
- ✓ Ubicación de las uniones por flange o soldadas
- ✓ Ubicación de los soportes
- ✓ Tolerancias permitidas
- ✓ Material

## Consideraciones de fabricación

- ✓ En el montaje de los sistemas de cañería, el fabricante considera factores como la apertura de raíz de soldadura, la contracción térmica por efectos de soldadura y las tolerancias de los fittings.
- ✓ Para asegurar una penetración completa en el cordón de raíz de la soldadura, los extremos de los componentes a unir se disponen con una pequeña separación llamada apertura de raíz, que puede variar desde 0 a 1/4" (6,0 mm), dependiendo del procedimiento de soldadura a utilizar.

✓ La contracción térmica depende del material y el espesor de pared de la tubería. En acero está usualmente en el rango de 1/16" (2,0 mm) a 1/8" (3,0mm). Consecuentemente, el fabricante debe tener tolerancias para las contracciones.

✓ Todos los fittings y flanges estándar con extremos soldables están sujetos a tolerancia de las dimensionales en sus extremos (extremo a extremo, cara a cara, centro a extremo, etc.). La tolerancia en forma global de flanges bajo la norma ANSI B16.5 es de  $\pm 0,06$ " (1,5 mm) para diámetros de hasta 10" inclusive, y de  $\pm 0,12$ " (3,0mm) para diámetros mayores. La norma ANSI B16.9 entrega las tolerancias para fittings con extremos soldables. Para codos y tees de 90° y 45° son:

| Diámetro  | Tolerancia (pulgadas) | Tolerancia (mm) |
|-----------|-----------------------|-----------------|
| 1/2" – 8" | $\pm 0,06$            | $\pm 2$         |
| 10"       | $\pm 0,09$            | $\pm 2$         |
| 12" – 24" | $\pm 0,09$            | $\pm 3$         |
| 26" – 30" | $\pm 0,12$            | $\pm 3$         |
| 32" – 48" | $\pm 0,19$            | $\pm 5$         |

✓ Debido a los factores ya mencionados, sólo el fabricante es capaz de determinar correctamente la apertura de raíz. Se recomienda que no sean definidas en el diseño de ingeniería.

✓ En ciertas situaciones (soldaduras de referencia identificadas con S en la figura de la página 28), cuando el diseño no permite intervenir segmentos de cañería, puede ser necesario que el fabricante varíe los componentes de apertura de raíz para lograr las dimensiones globales (identificada como C' en la figura de la página 28). Alternativamente, y bajo autorización del mandante, los ajustes pueden ser hechos en la unión contigua.

# 4.1 Dimensionamiento

## Sistemas de cañería ranurada

Para cañería ranurada, también se presentan dos métodos alternativos para ubicar puntos de trabajo, como lo muestra la figura siguiente:

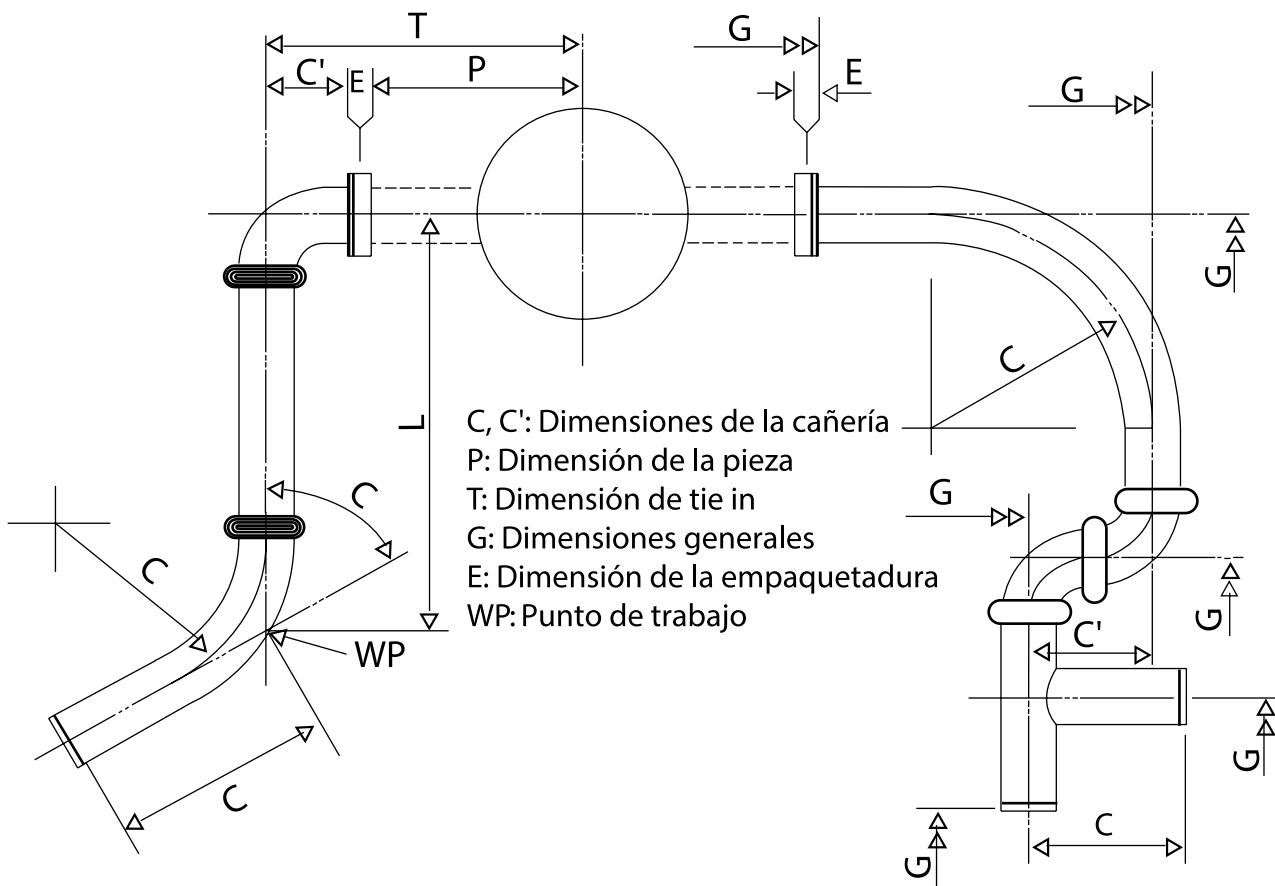


Figura 2: sistemas de dimensionamiento de cañerías ranuradas



Aunque no es necesario para la determinación de la geometría en un sistema de cañería ranurada, es esencial que el área de ingeniería provea al fabricante la siguiente información adicional:

- ✓ Dimensión de la cañería y espesor de pared
- ✓ Especificación de materiales
- ✓ Tipo de fittings a utilizar
- ✓ Curvas
- ✓ Tipo de conexiones de derivación
- ✓ Tipo de ranura a utilizar (deformación o arranque de viruta)
- ✓ Tipo de coplas a utilizar y ubicación de uniones rígidas
- ✓ Ubicación de los soportes
- ✓ Tolerancias permitidas
- ✓ Condiciones de operación del sistema

## Consideraciones de fabricación

✓ En el montaje de los sistemas de cañería, el fabricante considera los siguientes factores: tipo de unión y su espaciado, separación mínima y máxima de la cañería y las tolerancias de los fittings.

✓ Para asegurar un alineamiento y funcionamiento, los extremos de los componentes a unir se disponen con una pequeña separación, que puede variar desde 0 a 1/4" (6,0 mm) dependiendo de la ranura a utilizar y del diámetro de la tubería.

✓ La separación de la cañería varía cuando el sistema es montado y puesto en operación. El mandante define el tipo de ranura, la ubicación de las uniones mecánicas rígidas, las condiciones de operación del sistema y las tolerancias de los fittings. El fabricante puede calcular las longitudes de corte de los segmentos requeridos para el sistema.

✓ Todos los fittings y flanges ranurados están sujetos a la tolerancia de las dimensionales en sus extremos (extremo a extremo, cara a cara, centro a extremo, etc). La tolerancia en forma global de flanges debe ser consultada por el fabricante.

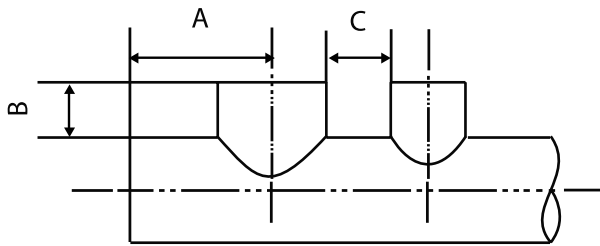
✓ Para lograr la dimensión C de la figura 2, puede ser necesario que el área de fabricación varíe las separaciones o los tipos de unión. En forma alternativa, puede hacer modificaciones adecuadas en otras dimensiones del diseño para alcanzar el resultado esperado.

✓ Los factores anteriormente mencionados escapan del control del mandante, por lo que se recomienda que las tolerancias de separación se eliminen de los diseños de ingeniería, y las dimensiones globales de uniones, fittings y flanges sea determinada en base a la suma de las dimensiones nominales de los componentes.

# 4.1 Dimensionamiento

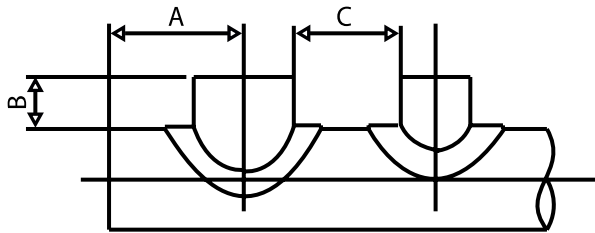
## Largo mínimo y espaciado para salidas adyacentes soldadas

Salidas sin poncho de refuerzo



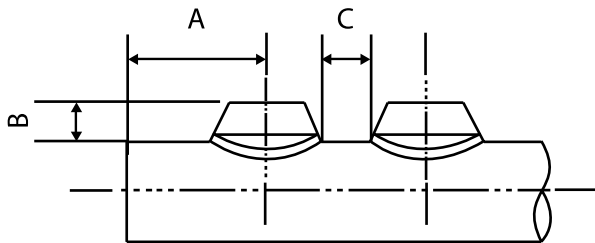
| Diámetro Nominal | Dimensiones mínimas |     |       |     |       |     |
|------------------|---------------------|-----|-------|-----|-------|-----|
|                  | A                   |     | B     |     | C     |     |
| Pulg             | pulg                | mm  | pulg  | mm  | pulg  | mm  |
| 2 1/2            | 4 1/2               | 114 | 3     | 76  | 3     | 76  |
| 3                | 5                   | 127 | 3 1/2 | 89  | 3 1/2 | 89  |
| 4                | 6                   | 152 | 4     | 102 | 4     | 102 |
| 5                | 7                   | 178 | 4 1/2 | 114 | 4 1/2 | 114 |
| 6                | 8                   | 203 | 5     | 127 | 5     | 127 |
| 8                | 10                  | 254 | 6     | 152 | 6     | 152 |
| 10               | 12                  | 305 | 7     | 178 | 7     | 178 |
| 12               | 14                  | 356 | 8     | 203 | 8     | 203 |
| 14               | 15                  | 381 | 8 1/2 | 216 | 8 1/2 | 216 |
| 16               | 17                  | 432 | 9     | 229 | 9     | 229 |
| 18               | 19                  | 483 | 10    | 254 | 10    | 254 |
| 20               | 21                  | 533 | 11    | 279 | 11    | 279 |
| 24               | 24                  | 610 | 12    | 305 | 12    | 305 |

Salidas con poncho de refuerzo



| Diámetro Nominal | Dimensiones mínimas |     |       |     |       |     |
|------------------|---------------------|-----|-------|-----|-------|-----|
|                  | A                   |     | B     |     | C     |     |
| Pulg             | Pulg                | mm  | pulg  | mm  | pulg  | mm  |
| 2 1/2            | 6                   | 152 | 4 1/2 | 114 | 6     | 152 |
| 3                | 7                   | 178 | 5     | 127 | 7     | 178 |
| 4                | 8                   | 203 | 5 1/2 | 140 | 8     | 203 |
| 5                | 9 1/2               | 241 | 6     | 152 | 9 1/2 | 241 |
| 6                | 11                  | 279 | 6 1/2 | 165 | 11    | 279 |
| 8                | 14                  | 356 | 8     | 203 | 14    | 356 |
| 10               | 17                  | 432 | 9 1/2 | 241 | 17    | 432 |
| 12               | 20                  | 508 | 11    | 279 | 20    | 508 |
| 14               | 22                  | 559 | 12    | 305 | 22    | 559 |
| 16               | 25                  | 635 | 13    | 330 | 25    | 635 |
| 18               | 28                  | 711 | 14    | 356 | 28    | 711 |
| 20               | 31                  | 787 | 15    | 381 | 31    | 787 |
| 24               | 36                  | 914 | 16    | 406 | 36    | 914 |

Salidas tipo OLET



| Diámetro Nominal | Dimensiones mínimas |     |      |    |       |     |
|------------------|---------------------|-----|------|----|-------|-----|
|                  | A                   |     | B    |    | C     |     |
| Pulg             | pulg                | mm  | pulg | Mm | Pulg  | mm  |
| 2 1/2            | 5 1/2               | 140 |      |    | 3     | 76  |
| 3                | 6                   | 152 |      |    | 3     | 76  |
| 4                | 7                   | 178 |      |    | 3 1/2 | 89  |
| 5                | 8                   | 203 |      |    | 4     | 102 |
| 6                | 10                  | 254 |      |    | 5     | 127 |
| 8                | 12                  | 305 |      |    | 6     | 152 |
| 10               | 14                  | 356 |      |    | 7     | 178 |
| 12               | 16                  | 406 |      |    | 8 1/2 | 216 |
| 14               | 17                  | 432 |      |    | 9     | 229 |
| 16               | 19                  | 483 |      |    | 10    | 254 |
| 18               | 21                  | 533 |      |    | 11    | 279 |
| 20               | 23                  | 584 |      |    | 12    | 305 |
| 24               | 26                  | 660 |      |    | 14    | 356 |

A definir por el área de fabricación

En caso de diferentes diámetros de salidas, la dimensión C de estas tablas se determina en función del mayor diámetro entre salidas consecutivas.

## Consideraciones de diseño

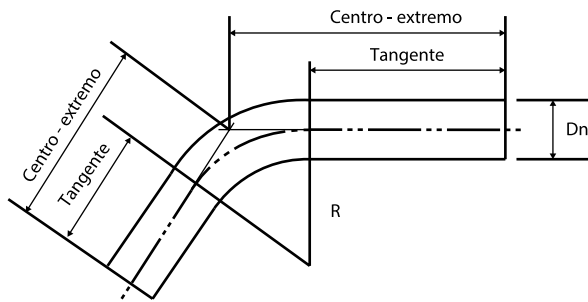
- ✓ Ciertos materiales y combinaciones de dimensión para salidas, poncho y espesor de pared, junto con múltiples salidas soldadas a un poncho, pueden distorsionar el mismo. Eliminar o reducir esta distorsión está fuera del alcance de este instructivo.
- ✓ Se debe revisar el cumplimiento del código aplicable en cada soldadura.
- ✓ En caso de salidas múltiples en línea, es preferible que sean espaciadas de tal forma que sus ponchos no se traslapen. Si se requiere un menor espaciado, se deben cumplir los códigos de fabricación aplicables.
- ✓ Algunas configuraciones de salidas tipo OLET y ramales con ciertos tamaños de poncho pueden presentar dificultades en la revisión radiográfica, debido a la incapacidad de cumplir con los requerimientos geométricos para tener una placa nítida, solicitada en códigos de fabricación.
- ✓ Cuando están involucrados soportes como flanges, fittings, válvulas y aislación de líneas, puede ser necesario aumentar las dimensiones mínimas tabuladas para permitir los espaciados requeridos.
- ✓ En casos especiales, puede ser posible disminuir las dimensiones de las tablas. Estas nuevas dimensiones deben ser enviadas al fabricante para consideraciones particulares, dado que un menor espaciado puede requerir operaciones especiales en el taller para prevenir o corregir distorsiones térmicas.

- ✓ Se consideran salidas tipo OLET comercialmente disponibles

## 4.2 Curvado

A continuación se describen métodos, requerimientos para el proceso, tolerancias y criterios de aceptación para curvas fabricadas a partir de cañería.

La notación utilizada es el siguiente:



$D$  = Diámetro nominal de la cañería

$D_n$  = Diámetro nominal exterior de la cañería

$t_n$  = Espesor de pared nominal de la cañería

$t_m$  = Espesor de pared mínimo para el código aplicable

$T$  = Espesor de pared de la cañería (real o mínimo, según la especificación de compra)

$R$  = Radio de curvatura

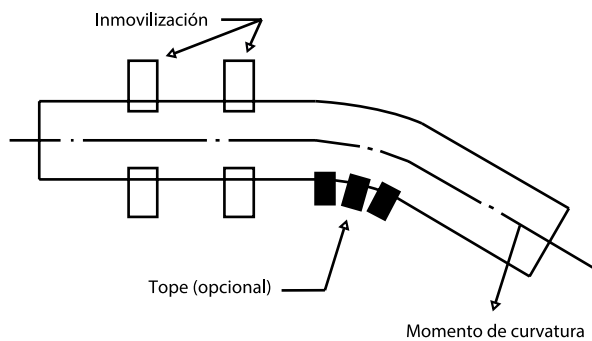
Los métodos de curvado se agrupan en métodos de curvado en calor y en frío, considerando como el umbral entre estos grupos, 100 °F bajo la menor temperatura crítica del material.

Salvo que se especifique lo contrario por el código aplicable, el procedimiento de curvado, incluyendo el ciclo de calentamiento/enfriamiento y el tratamiento de calor después de la curvatura, está determinado por el material de la cañería, su diámetro, el espesor de pared, el radio de curvatura y las propiedades requeridas después de la curvatura. Debido a la gran cantidad de variables involucradas, el procedimiento de curvatura es usualmente determinado por el fabricante.

Generalmente, los equipos para curvar las cañerías no varían según el método. Sin embargo, entre distintos fabricantes podría haber diferencias en los procedimientos, las tolerancias de material, los extremos rectos mínimos, espesor de pared, etc.

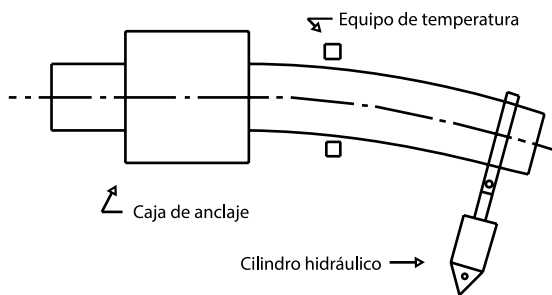
## Métodos de curvado en calor

### Curvado por horno



En este método, la cañería es llenada con arena y posteriormente calentada en horno a 2000 °F. Luego de ser removida del horno, un extremo de la cañería es inmovilizado, mientras se aplica un momento de curvatura en el otro extremo. El radio de curvatura es controlado por dados, topes o plantillas, mientras la cañería es doblada. Para radios mayores o grandes espesores, el relleno con arena puede no ser necesario.

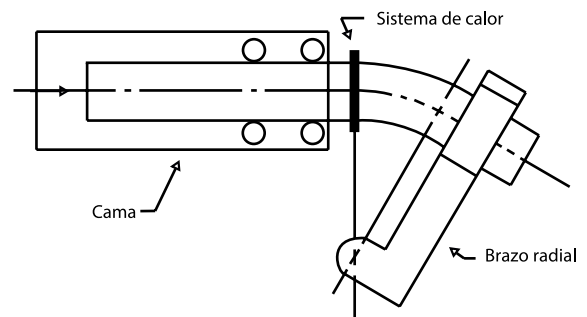
### Curvado incremental



Los equipos para este método comprenden una caja de anclaje, un cilindro hidráulico y un equipo móvil de temperatura. La cañería es sujeta a la caja de anclaje y la tangente frontal es conectada al cilindro hidráulico. El equipo de temperatura

lleva a una temperatura adecuada una banda circular delgada en el arco. El equipo es posteriormente desplazado a los segmentos sucesivos y el proceso se repite hasta lograr la curvatura objetivo. Luego de curvar cada segmento, el área es enfriada de acuerdo al procedimiento.

### Curvado por inducción

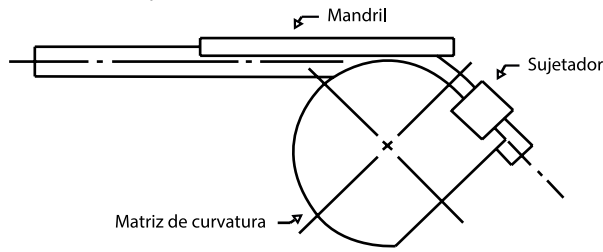


El equipamiento consta principalmente de una cama, un brazo radial, que se utiliza para fijar el radio objetivo, y un sistema inductivo de calor. La cañería se ubica en la cama y en la tangente frontal se fija al brazo radial. El sistema inductivo de calor lleva a la temperatura adecuada una banda circular delgada en el arco. Cuando se alcanza la temperatura, la cañería es continuamente desplazada a través de la bobina, mientras se aplica un momento de curvatura en el área con temperatura. Después de pasar a través de la bobina, la cañería es enfriada de forma natural o forzada, según el procedimiento.

## 4.2 Curvado

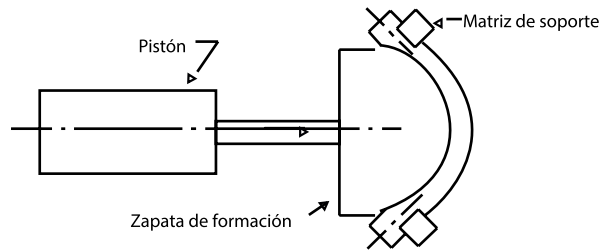
### Métodos de curvado en frío

#### Curvado por rotación de matriz



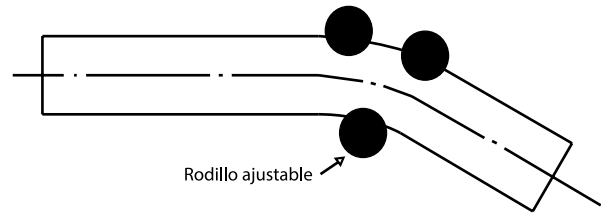
En este método, la cañería es sujeta a una matriz de curvatura mediante un sujetador. Mientras, la matriz de curvatura rota es presionada contra la cañería y, en caso de ser necesario para prevenir un colapso de las paredes, sobre un mandril interno. La matriz puede permanecer fija o moverse con la tubería.

#### Curvado por troquel de deformación



La cañería es sujeta por dos matrices de soporte, y una fuerza es aplicada por un pistón hidráulico a una zapata o troquel de formación, ubicado al centro de la pieza de trabajo. Las matrices de soporte rotan sobre sus pasadores para seguir la cañería, manteniendo el soporte externo durante el proceso.

#### Curvado por rodillos



En este proceso se utilizan tres rodillos de conformación de un diámetro similar, dispuestos en forma de pirámide. La cañería es pasada a través de estos rodillos y su posición es controlada mediante el rodillo ajustable.

## Soldaduras en curva

En algunos casos no es práctico utilizar cañerías de un largo extenso para un proceso de curvatura. Cuando es necesario unir segmentos de tubería resultantes de un proceso de curvado con una soldadura circunferencial a tope en el arco de la tubería, se recomienda:

- ✓ La cañería a soldar debe presentar la mayor uniformidad posible en los extremos a unir. El espesor de pared no debe ser inferior al mínimo del diseño más la tolerancia de adelgazamiento por curvatura.
- ✓ La preparación del extremo a soldar debe cumplir con el procedimiento calificado a utilizar, asegurando el alineamiento interior. Durante el armado de la unión, las cañerías deben ser rotadas para alinear al máximo los diámetros interior y exterior y lograr la mejor transición a lo largo de la soldadura.
- ✓ El proceso de soldadura debe ser calificado bajo el código aplicable según la temperatura (si corresponde), excepto en curvatura y tratamiento de calor.
- ✓ Luego de completar la soldadura circunferencial a tope y antes de doblar la cañería, el diámetro interno y externo (cuando están accesibles) los cordones de soldadura deben ser amolados para remover el exceso de refuerzo de soldadura y doblados suavemente en la base de metal.
- ✓ Se recomienda examinar la soldadura circunferencial a tope por radiografía antes y después de doblar, independientemente de si esta radiografía es requerida en el código aplicable o no.

## Tolerancias lineales y angulares

Las curvas admiten una tolerancia angular de  $\pm 0,5^\circ$ , determinada por la intersección de las líneas centrales tangenciales, medidas por el equipo adecuado.

Cuando el proveedor debe proporcionar curvas cortadas según una dimensión centro – cara, las tolerancias son  $\pm 1/8"$  (3,0 mm) para diámetros hasta 10" inclusive,  $\pm 3/16"$  (5,0 mm) para diámetros de 12" a 24",  $\pm 1/4"$  (6,0 mm) para diámetros de 24" a 36" y para diámetros sobre 36", tolerancia de  $\pm 1/4"$  (6,0 mm) más  $\pm 1/16"$  (2,0 mm) por cada 12" sobre las 36".

Si se necesitan segmentos intermedios del perfil de curva, sus tolerancias deben ser acordadas entre el mandante y el fabricante.

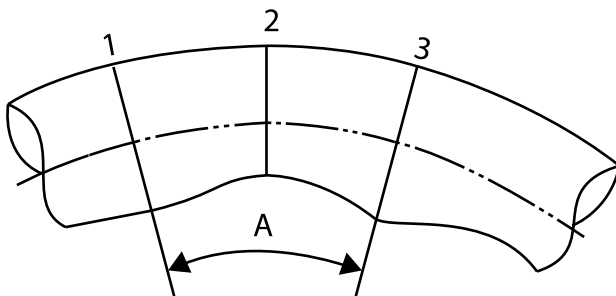


## 4.2 Curvado

### Tolerancias de forma

La ovalidad de la curva no debe exceder la ovalidad del código aplicable. En caso de no haber un código, la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo no puede exceder 8% del diámetro exterior promedio en el tramo recto de la cañería, a menos que se acuerde algo diferente entre mandante y proveedor. Cuando las condiciones de operación requieren menor ovalidad, puede ser necesario usar mayores radios de curvatura, mayores espesores de pared o algún método de curvatura específico que permita mayor control sobre la ovalidad.

En ocasiones en que las deformaciones no puedan ser evitadas, aplican las siguientes restricciones:



$$\frac{A}{\frac{(D_n)_1 + (D_n)_3}{2} - (D_n)_2} \geq \frac{12}{1}$$

$D_n$  Diámetro nominal exterior de la cañería

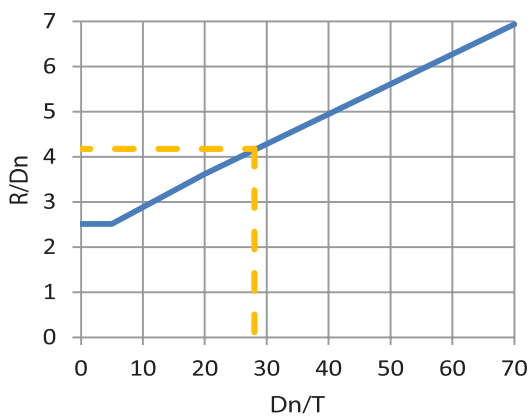
- ✓ Las deformaciones por ondulación deben curvarse en forma gradual en la superficie de la cañería.
- ✓ La altura vertical máxima de cada ondulación, medida desde la altura promedio de dos crestas adyacentes al valle, no debe exceder 3% del diámetro nominal de la cañería.

- ✓ El ratio mínimo de distancia entre crestas comparado con la altura entre crestas y el valle asociado debe ser de 12 a 1.
- ✓ A las deformaciones que excedan las tolerancias antes mencionadas se les deben aplicar acciones correctivas para que no se repitan.
- ✓ Si las condiciones de operación requieren tolerancias más estrictas, puede ser necesario utilizar mayor radio de curvatura, mayor espesor de pared o un método de curvatura específico.

## Rangos de curvado

### Curvado por horno

El Piping Fabrication Institute recomienda los rangos determinados por las siguientes figuras:

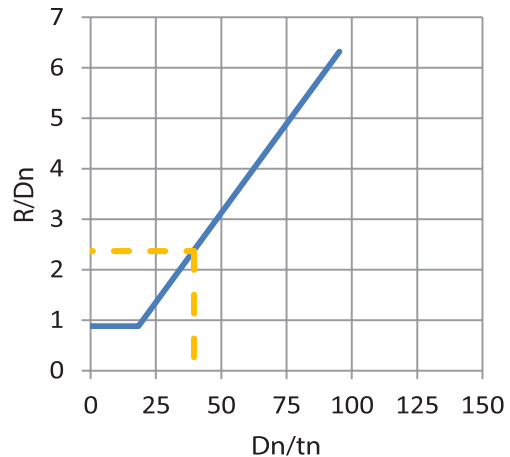


Ejemplo: Cañería de acero carbono extra fuerte ASTM A 106-Gr B de diámetro 12"

- Diámetro exterior: 12,75"
- Espesor de pared: 0,500"
- Espesor mínimo (ASTM A): 0,438"
- $\frac{D_n}{T} = \frac{12,75}{0,438} = 29,1$
- $\frac{R}{D_n} \approx 4,5 \approx 5$
- Radio de curvatura para método furnace:  $5 \times 12'' = 60''$

Los rangos de curvado en horno están contruidos en base a acero carbono y acero de baja aleación. Los materiales inoxidables o no ferrosos tienen mayores coeficientes de expansión, por lo que presentan una mayor reducción en la densidad del relleno de arena a la temperatura de curvado. Así, el relleno de arena no otorga la misma rigidez contra aplanamiento o deformación por ondas como para el acero carbono o de baja aleación. Esta situación implica que el radio de curvatura mínimo requiera consideraciones especiales en la ingeniería de detalle.

### Curvado por inducción o incremental



Ejemplo: Cañería de acero carbono ASTM A 53-Gr B de diámetro exterior 22" curvado 3D

- $\frac{D_n}{t_n} \approx 45$
- Espesor mínimo de pared para método de inducción o incremental:  $t_n \approx 22'' / 45 \approx 0,489''$

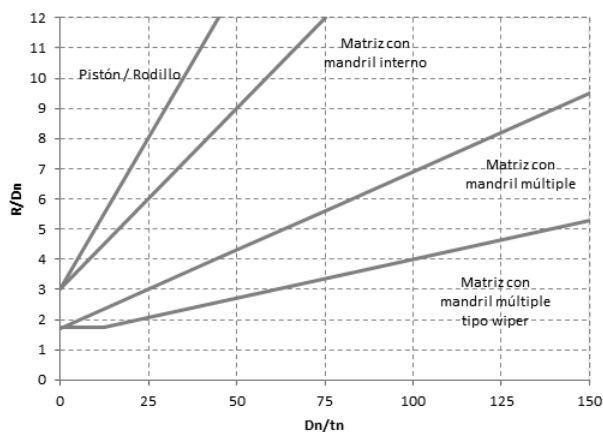
La notación utilizada en ambos ejemplos es:

- $D$  Diámetro nominal de la cañería
- $D_n$  Diámetro nominal exterior de la cañería
- $t_n$  Espesor de pared nominal de la cañería
- $t_m$  Espesor de pared mínimo para el código aplicable
- $T$  Espesor de pared de la cañería (real o mínimo, según la especificación de compra)
- $R$  Radio de curvatura

# 4.2 Curvado

## Curvado en frío

Los rangos de curvatura en frío varían significativamente con el proceso y el grado de especialización de la herramienta utilizada. La siguiente figura sugiere el tipo de proceso a seleccionar:



$D_n$  Diámetro nominal exterior de la cañería  
 $t_n$  Espesor de pared nominal de la cañería  
 $R$  Radio de curvatura

## Tolerancias de materiales

Las siguientes recomendaciones para tolerancias de material varían en función del método de curvatura, material, diámetro de la cañería, radio de curvatura y el equipamiento del proveedor. Se sugiere que el mandante contacte al proveedor por información específica,

✓ Para compensar reducciones de espesor de pared por curvatura, las siguientes tablas sugieren el espesor mínimo de la cañería previa a la curvatura. Estas tablas admiten interpolación.

| Radio de curvatura | Curvado por inducción o incremental | Curvado por rotación de matriz | Curvado por troquel de deformación o por rodillos |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|
| $6D_n$             | $1,06 t_m$                          | $1,09 t_m$                     | $1,08 t_m$  |
| $5D_n$             | $1,08 t_m$                          | $1,14 t_m$                     | $1,10 t_m$  |
| $4D_n$             | $1,10 t_m$                          | $1,20 t_m$                     | $1,13 t_m$  |
| $3D_n$             | $1,14 t_m$                          | $1,28 t_m$                     | $1,17 t_m$  |
| $2D_n$             | $1,22 t_m$                          |                                |   |
| $1,5D_n$           | $1,30 t_m$                          |                                |   |

Espesor mínimo previo a la curva

| Radio de curvatura | Curvado por horno |
|--------------------|-------------------|
| $6D$               | $1,06 t_m$        |
| $5D$               | $1,08 t_m$        |
| $4D$               | $1,14 t_m$        |
| $3D$               | $1,25 t_m$        |

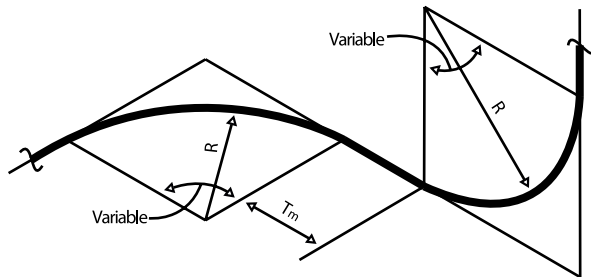
$D_n$  Diámetro nominal exterior de la cañería  
 $t_n$  Espesor de pared nominal de la cañería

✓ Como el comienzo del curvado depende de factores que pueden estar fuera del control del fabricante, debe considerarse una longitud adicional para asegurar que las dimensiones globales centro a extremo se cumplan. Para compensar este factor, el mandante debería agregar 6" al total de los largos tangenciales recortados requeridos

✓ Debido a que las curvas dobladas por inducción se producen bajo presión, se origina una compresión del material que precisa una mayor longitud de cañería recta. El mandante debería adicionar un 5% al largo teórico para cubrir esta compresión. La compresión del material podría producir una joroba o protuberancia, al comienzo de la curva sobre el radio interior, que no es perjudicial para la curva.

✓ Para producir una curva adecuada, en cada extremo se requiere un mínimo de tangente recta para permitir su manipulación. Las siguientes

tablas sugieren largos mínimos tangenciales. En caso de curvado incremental, estos mínimos deben ser definidos por el proveedor. Tangentes más largas deberían ser utilizadas en la medida de lo posible, y consideradas en el diseño del sistema de cañerías. En los casos en que la tangente deba mantenerse corta, puede perderse redondez en los extremos de la cañería.



| Diámetro nominal                           | 1" a 2" | 2 1/2" a 3 1/2" | 4" a 48"  |
|--|---------|-----------------|---|
| Extremo Pull                               | 6"      | 8"              | 2D (10" mínimo)   |
| Extremo Hold                               | 6"      | 8"              | 1,5D (10" min)  |
| Tangente entre curvatura (T <sub>m</sub> ) | 6"      | 9"              | 9" for 4" pipe<br>10" for 5" pipe<br>1D (12" min) other |

Tangentes mínimas para curvado por horno

| Diámetro nominal                           | 2" a 24"            | 26" a 66"           |
|--|---------------------|---------------------|
| Tangente Frontal                           | D <sub>n</sub> + 6" | D <sub>n</sub> + 6" |
| Tangente posterior                         | 72"                 | 132"                |
| Tangente entre curvatura (T <sub>m</sub> ) | 24"                 | 60"                 |

Tangentes mínimas para curvado por inducción

| Diámetro nominal                           | 1" a 10" |
|--|----------|
| Tangente Frontal                           | 2D       |
| Tangente posterior                         | 3D       |
| Tangente entre curvatura (T <sub>m</sub> ) | 2D       |

Tangentes mínimas para curvado en frío

**D** Diámetro nominal de la cañería

**D<sub>n</sub>** Diámetro nominal exterior de la cañería

## Requerimientos de material para curvado en caliente

- ✓ La cañería a doblar debe ser protegida de la contaminación de materiales dañinos, como las aleaciones de menor temperatura de fusión (cobre, bronce o plomo).
- ✓ Las cañerías de acero inoxidable sospechosas de estar contaminadas con material ferroso u otro material dañino deben ser limpiadas antes del proceso de curvatura.
- ✓ Las cañerías de acero inoxidable deben ser suministradas en condiciones deseadas para la solución.

## 4.3 Biseles para soldadura

### Tipos de bisel para soldadura

A continuación se muestran los biseles utilizados en los siguientes procesos de soldadura a tope:

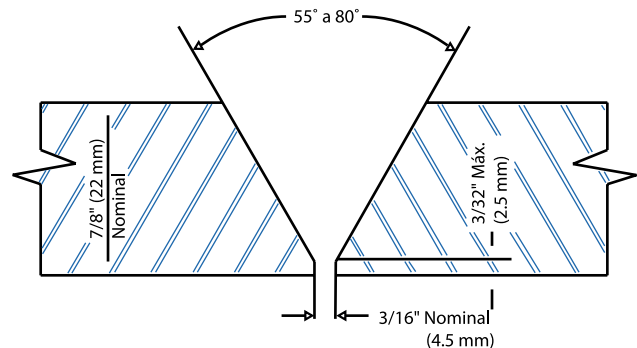
- ✓ GMAW – Gas Metal Arc Welding (M.I.G.)
- ✓ FCAW – Flux Core Arc Welding
- ✓ SMAW – Shielded Metal Arc Welding (Stick Rod)
- ✓ SAW – Submerged Arc Welding
- ✓ GTAW – Gas Tungsten Arc Welding (T.I.G.)

Para definir el diseño de una unión, el principio básico es asegurar accesibilidad al electrodo de soldadura en la unión, de manera de lograr una penetración completa en el cordón de raíz de la soldadura. Las limitaciones en la accesibilidad puede producir fallas en la unión, mientras que una accesibilidad mayor a la necesaria requiere un mayor relleno, por lo que los costos se elevan.

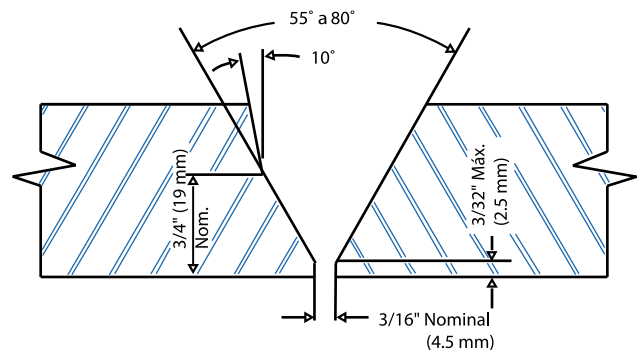
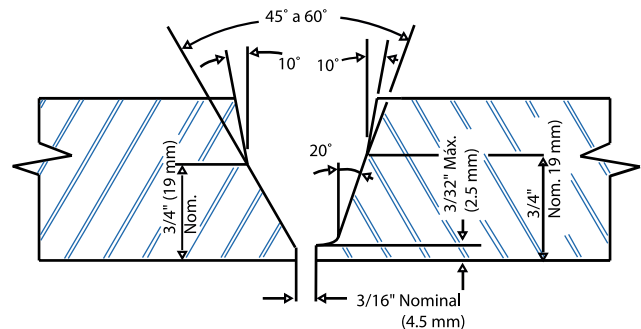
Los biseles de soldadura adyacente no requieren ser simétricos respecto al centro de la unión. Es más, la preparación de los extremos en el procedimiento de soldadura (WPS), no es considerada una variable esencial por el ASME. Por tanto, los siguientes valores pueden variar según la configuración de la unión o el proceso de soldadura elegido.

Usualmente, la cañería biselada de fábrica es suministrada con un bisel de 30 grados y los accesorios como fittings y flanges con un bisel de 37 ½ grados, que puede ser tipo molino en el caso de espesor de pared de 7/8" (22 mm) o un bisel

compuesto en el caso espesor de pared superior a 7/8".



Preparación de extremos en caso de espesor de pared inferior a 7/8"



Dos alternativas de preparación de extremos en caso de espesor de pared superior a 7/8"

En general, el grado de limpieza adecuado durante el proceso de fabricación se determina de acuerdo al requerimiento del servicio del sistema de cañería, el grado de limpieza que se pueda alcanzar una vez instalado y la necesidad de remover elementos contaminantes durante la fabricación. Se debe considerar el tamaño y configuración de la pieza en función de permitir la inspección visual del interior y la remoción de los elementos utilizados para la limpieza.

- ✓ Limpieza estándar: salvo que sea especificado por el mandante, la limpieza implica remover del interior de la pieza todos los materiales no adherentes, como arena, salpicaduras de soldadura, óxido o viruta.
- ✓ Limpieza especial: si se requiere un grado mayor de limpieza, el criterio de aceptación debe ser definido en las especificaciones de diseño del mandante.

## Métodos de limpieza especial para materiales ferrosos

### Limpieza mediante herramienta de tipo turbina

Remueve considerablemente la escoria que no está fuertemente adherida ni el óxido grueso. No remueve elementos fuertemente adheridos, escorias producidas por tratamientos térmicos, óxido medio a fino ni picaduras (*pitting*). Es apto sólo para superficies interiores.

### Limpieza mediante cepillo de alambres de acero

Remueve óxido medio a fino, pero no remueve escoria fuertemente adherida, ni escoria producida por tratamientos térmicos. Es apto sólo para superficies accesibles.

### Esmerilado

También es llamado grateado. Remueve óxido, escoria fuertemente adherida y picaduras (*pits*). Es apto sólo para superficies accesibles. Requiere cuidado para conservar el espesor de pared mínimo.

### Granallado (*blasting*)

Método comúnmente utilizado para remover escoria fuertemente adherida y escoria producida por tratamiento térmico. Es apto para superficie interior y exterior, pero la limpieza interior está limitada a ser alcanzada por la máquina granalladora, por lo que se requiere considerar este hecho en el diseño de piezas que requieran granallado posterior.

### Decapado (*pickling*)

Efectivo para remoción de escoria y óxido en la superficie interior, sin embargo limita las dimensiones de la pieza al tamaño del tanque de decapado disponible y al flujo de ácido en la superficie interior.

## 4.4 Limpieza

### *Métodos de limpieza especial para materiales auserníticos*

#### Desengrase

Usualmente, aceros inoxidables que no han sido sometidos a procesos de plegado, de cilindrado o de curvado a alta temperatura sólo requieren un proceso de desengrase, que puede lograrse frotando la superficie con un paño saturado en un solvente adecuado.

#### Decapado y pasivado

Método efectivo para aceros inoxidables que han sido sometidos a alta temperatura para su conformado o curvado, o bien para materiales sometidos a tratamiento térmico que manifiestan una apariencia oxidada por haber estado en contacto con materiales ferrosos. Sin embargo, este método limita las dimensiones de la pieza al tamaño del tanque disponible y al flujo de ácido en la superficie interior. La Norma ASTM A380 recomienda soluciones de limpieza.

#### Granallado (*blasting*)

Método efectivo para remover la escoria o decoloración producida por el curvado o por tratamientos térmicos. Puede utilizarse arena libre de hierro, arena de sílice o granalla de óxido de aluminio. No se recomienda utilizar arena o granalla recicladas, ya que contienen partículas de escoria que producen oxidación cuando la superficie entra en contacto con el agua. Si luego del granallado se produce óxido en alguna región, la pieza puede ser pasivada, limpiándola con una solución de ácido nítrico a temperatura ambiente

hasta remover el hierro y, posteriormente, enjuagándola con agua.

#### Desengrasado por vapor y enjuague

Ciertos sistemas nucleares que involucran altos niveles de radioactividad pueden requerir no sólo la remoción de escoria, sino también de contaminantes como halógenos o sulfuros. Un método efectivo de limpieza de las superficies interior y exterior es una combinación de lavado al vapor con detergente y enjuague en agua desmineralizada.

### *Criterios de aceptación*

- ✓ Visual: las piezas siempre deben ser inspeccionadas visualmente para asegurar que el grado de limpieza se ha cumplido. Salvo que sea explícito por el mandante, las películas delgadas de óxido en aceros inoxidables no constituyen rechazo de la pieza mientras no haya evidencia de corrosión por *pitting*.
- ✓ Test de enjuague: para ciertas aplicaciones nucleares, la pieza es enjuagada interiormente con agua hasta que se alcanza el nivel de aceptación, basado en el rango de PH y conductividad del fluido y del número y tamaño de partículas filtradas.

## Precauciones generales

A continuación se describen métodos de pintura y consideraciones de seguridad utilizadas usualmente para revestir spools, proporcionando protección durante períodos breves de almacenaje en intemperie.

## Métodos de pintura

Los métodos más utilizados son uno o más de los siguientes: brocha, rodillo, almohadilla o spray.

## Estándar de pintura

- ✓ Superficies no soldadas: la pintura o revestimiento utilizado debe ser compatible con el barniz o pintura previamente aplicado y, usualmente, debe ser en base a agua o a alkyd, libre de plomo, y cumplir con los estándares OSHA para aplicación en taller. El plomo no sólo produce humo peligroso, sino que además afecta negativamente la calidad de la soldadura. Se recomienda que la pintura finalice aproximadamente 2" antes de los extremos de soldadura, para evitar su contaminación.
- ✓ Superficies o extremos que serán soldados: la pintura debe cumplir los estándares OSHA y además las propiedades para ser posteriormente soldadas.

## Preparación de la superficie

A menos que se especifique de otra forma, para obtener una superficie apropiada para la pintura se deben remover aceites, grasa o cualquier otro material antiadherente de la superficie.

## Preparación especial de la superficie

- ✓ La pintura o revestimiento que no cumpla con los estándares OSHA debe ser evitado en el caso de que sea posible. Estos revestimientos requieren un equipamiento especial, como cabinas ventiladas y protección del personal.
- ✓ Existen casos en los que se requiere una preparación especial de la superficie, disponible en la sección de limpieza de superficies.

## Color y espesor de la película

- ✓ La elección de color (número de RAL) es opción del área de fabricación, a menos que se especifique lo contrario.
- ✓ Las marcas de color deben ser acordadas previamente entre el mandante y el área de fabricación.
- ✓ Se considera satisfactoria la aplicación de una mano de pintura, a menos que se especifique lo contrario.



# 4.5 Pintura

## Precauciones de seguridad

### Pintura

No debe utilizarse pintura u otro revestimiento que no cuente con la hoja de seguridad de la OSHA, donde acredita la revisión de:

- ✓ Químicos peligrosos, compuestos o elementos como plomo (y sus derivados), mercurio (y sus derivados), arsénico (y sus derivados), derivados del cromo, di-isocianato, hidrocarburos clorados, tolueno, xileno, benceno, acetato de etilo, metil-etil-cetona y metil-isobutil-cetona
- ✓ Punto de inflamación mayor o igual a 27 °C cuando se utilizan equipos portátiles de spray, o bien, mayor o igual a -1°C para aplicación con brocha, rodillo o almohadilla.
- ✓ Límites de compuestos orgánicos volátiles (VOC)

### Aplicación

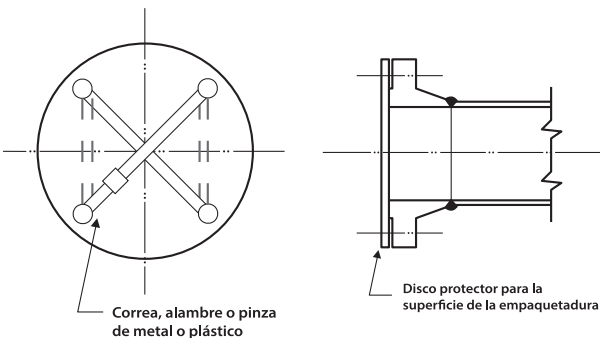
- ✓ Una vez definido que la pintura o revestimiento es apto para la aplicación, el área de fabricación debe asegurar una adecuada ventilación y elementos de protección personal (respirador, máscara, guantes, etc.).
- ✓ Generalmente, la aplicación de pintura debe estar a más de 6 metros de cualquier proceso que involucre soldadura, combustión o chispa.
- ✓ El área de fabricación debe asegurar que los operarios que participan en la aplicación de pintura cuenten con el entrenamiento apropiado en

métodos de seguridad, utilización de equipo de protección personal y primeros auxilios.

A continuación se describen recomendaciones para la protección de los spools durante la carga, el transporte y la descarga. Debido a las infinitas combinaciones posibles de tamaño y configuración de spools, puede ser necesario que se acuerden medidas adicionales entre el mandante y el área de fabricación.

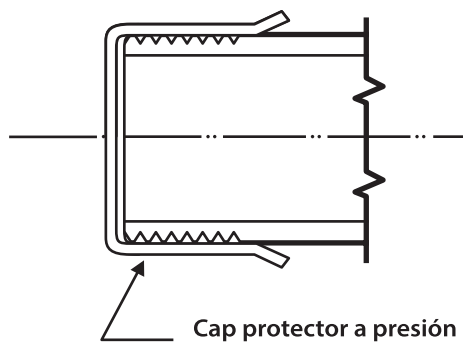
## Extremos que deben protegerse siempre

### Caras de los flanges



Deben cubrirse con material protector como madera o aglomerado, metal o plástico e inmovilizado mediante atadura, presión, pernos, pinza o cinta (*tape*).

### Extremos con rosca macho



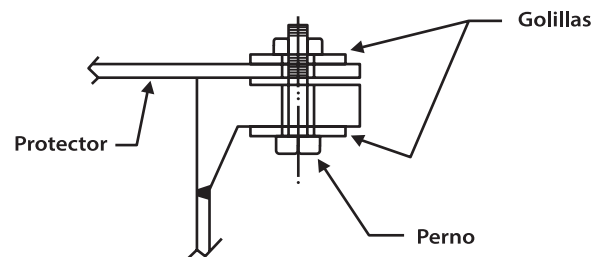
Deben protegerse con caps de plástico o material liviano.

## Protecciones especiales

Cualquier protección especial está sujeta a acuerdo entre el mandante y el área de fabricación

### Flanges

- ✓ Disco de aglomerado, terciado o metal ligero (10 GA) similar al de la cara de los flanges.
- ✓ Utilización de pernos en lugar de amarras.



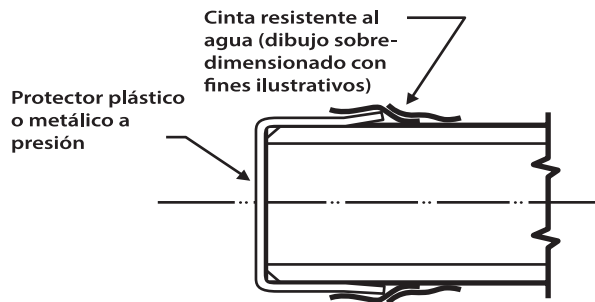
- ✓ En caso de requerir protección del clima, se puede utilizar un disco de goma o vinilo entre el flange y el protector, utilizando al menos 4 pernos por flange.

### Extremos con bisel estándar.

- ✓ En caso de acero carbono o acero de baja aleación, los extremos pueden protegerse con un disco de madera o aglomerado, similar al utilizado en bisel especiales.

# 5.0 Manipulación

- ✓ En caso de requerir protección al clima, es posible aplicar 2 o más vueltas de cinta selladora resistente al agua alrededor de las protecciones.

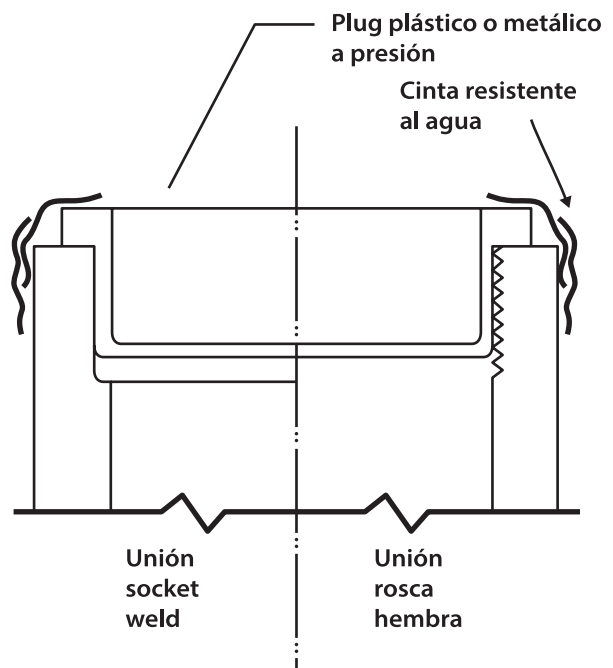
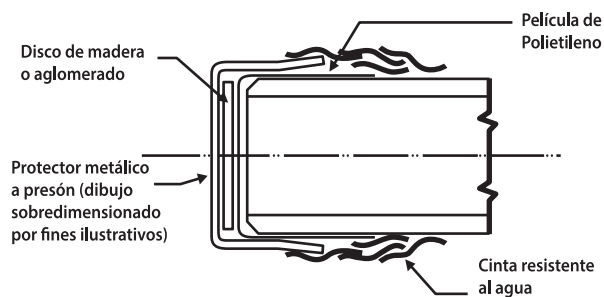


- ✓ Para acero carbono o acero de baja aleación, cuyos extremos serán soldados en terreno, puede utilizarse un revestimiento apto para soldadura que evite corrosión en los extremos.

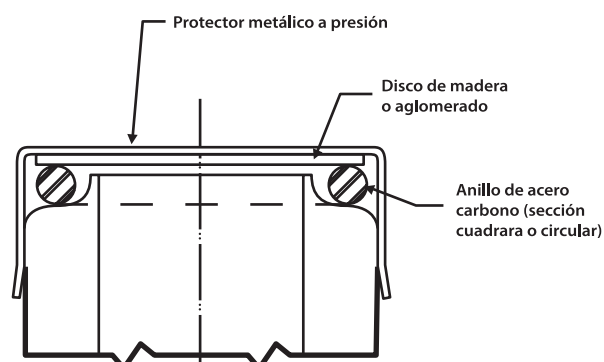
Extremos de soldadura con rosca hembra o tipo socket weld

- ✓ Puede utilizarse un protector tipo tapón (*plug*). En caso de ser necesario, también puede emplearse cinta resistente al agua.

- ✓ Para aceros inoxidable o acero no-ferroso, pueden cubrirse con un protector plástico a presión, o bien con un protector metálico cubierto de madera o aglomerado más una película de polietileno.

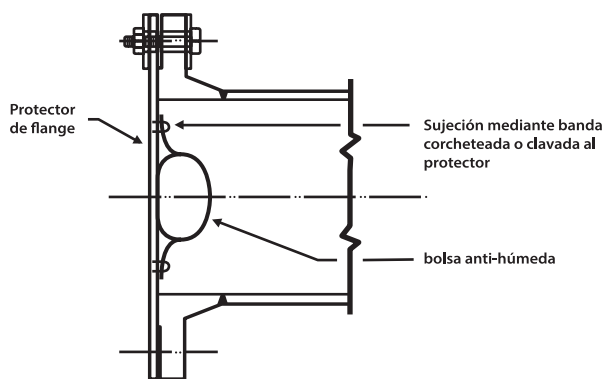
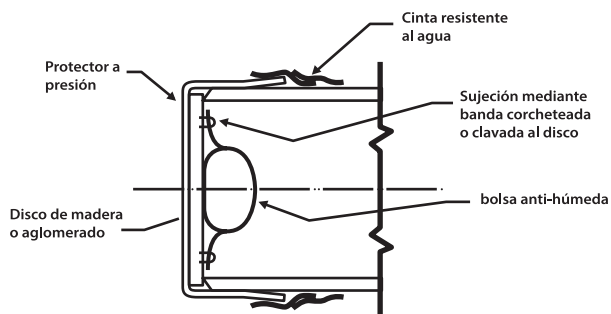


- ✓ En caso de biseles tipo J o biseles long nose, se sugiere ubicar un anillo separador entre el extremo de la soldadura antes del protector.



## Resistencia al clima

Para lograr una mayor resistencia al clima, el mandante puede especificar la inserción una de bolsa anti-húmeda o equivalente en la protección, que absorbe la humedad del aire. En estos casos es importante que la bolsa esté sujeta a las protecciones, para que al ser removidas aseguren la remoción de la bolsa anti-húmeda. El número de bolsas utilizadas en cada extremo debe estar indicado en los protectores



# 5.0 Manipulación

## *Carga y despacho de spools*

✓ Disponer una capa de relleno (cuartones de madera) separada a intervalos regulares en la base de carga.

✓ Los spools de mayor diámetro o peso deben ir ubicados en la base, mientras que los de menor diámetro o peso deben ir encima.

✓ Utilizar correas de tela (eslingas) para contener los spools.

✓ Cargar spools rectos en capas, con relleno (cuartones de madera) entre cada capa.

✓ Los puntos de contacto entre spools pintados o revestidos deben ser protegidos ubicando un material protector como espuma, goma o madera entre los spools. Aumentar la precaución en superficies como el área de sellado de las empaquetaduras de los flanges.

✓ Disponer materiales que eviten el contacto entre piezas de acero carbono y piezas de acero inoxidable.

✓ Los spools pequeños, el material suelto y los soportes deben ser embalados en cajas o pallets

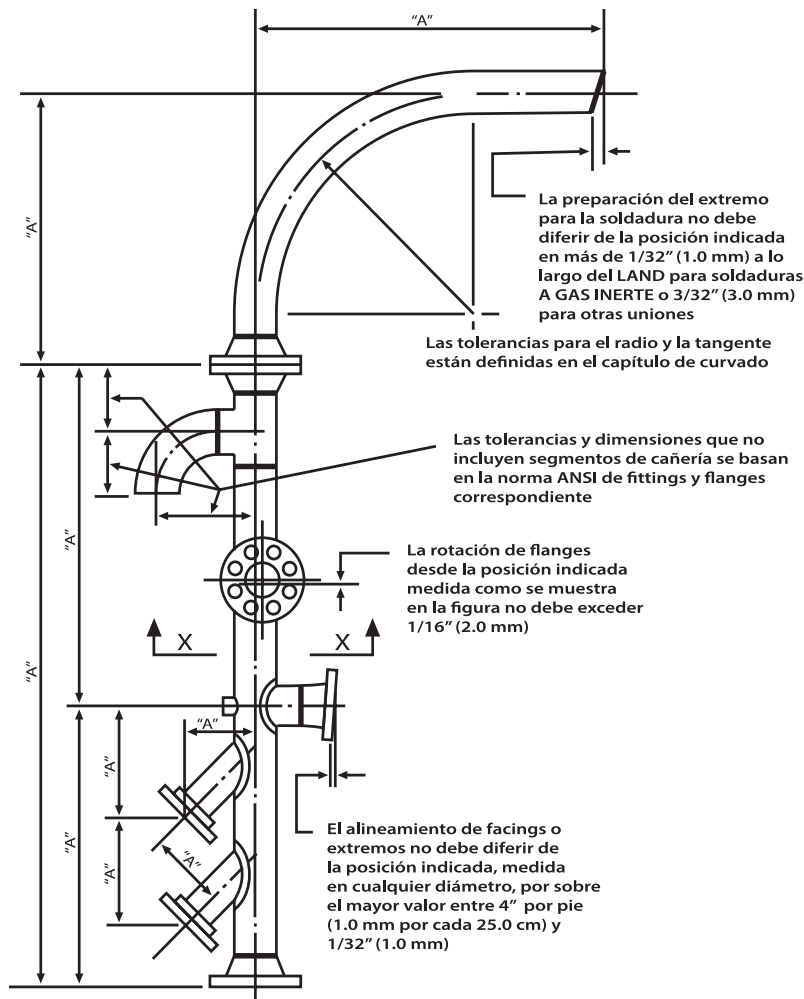
✓ Cargas sobredimensionadas en peso o volumen requieren consideraciones especiales entre el mandante y el área de fabricación.

✓ El amarre final de la carga es responsabilidad del transportista. Se recomienda que revise las correas de tela (eslingas) y las protecciones de la carga y que se le proporcione una lista de los ítems transportados.

✓ Los dispositivos instalados para la elevación por grúa de los spools deben cumplir el código aplicable y deben ser inspeccionados visualmente antes de utilizarlos

✓ Los operadores de grúas y riggers deben tener el entrenamiento apropiado para operar y coordinar la carga y descarga

## Spools con flanges



✓ Las tolerancias en la dimensión lineal, por segmento o global, aplican en mediciones cara a cara, cara a extremo y extremo a extremo, para cañerías y derivaciones rectas. Para salidas u otros soportes aplican en mediciones centro a extremo o centro a cara y para curvado aplican centro a cara. Estas tolerancias no son acumulativas.

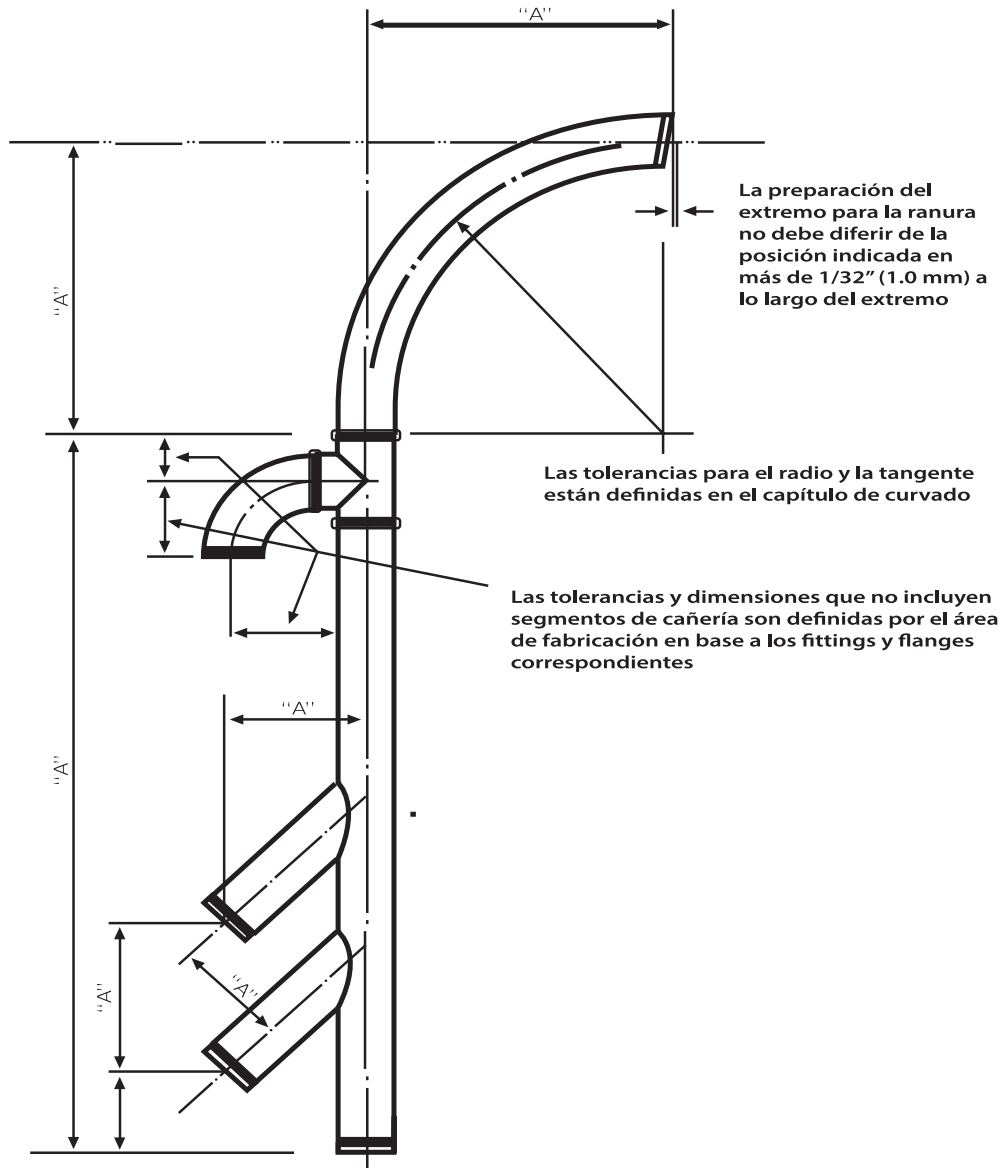
✓ La tolerancia para la dimensión de A en la figura es de  $\pm 1/8"$  (3,0 mm) para diámetros

de hasta 10",  $\pm 3/16"$  (5,0 mm) para diámetros de 12" a 24" y  $\pm 1/4"$  (6.0 mm) para diámetros sobre 24" hasta 36". Sobre las 36" de diámetro, la tolerancia es de  $\pm 1/4"$  (6.0 mm) más 1/16" (2,0 mm) por cada 12" sobre las 36".

✓ Pueden ocurrir desviaciones superiores a las del punto anterior, debido a efectos acumulativos de tolerancias de fitting o flanges unidos a tramos de cañería.

# 6.1 Tolerancias de fabricación

## Spools de cañería ranurada



✓ Las tolerancias y dimensiones de las ranuras utilizadas en la unión de piezas con coplas mecánicas pueden ser del tipo deformación o arranque, según la especificación del mandante. Las ranuras deben cumplir con ANSI/AWWA C606-87.

✓ Pueden ocurrir desviaciones superiores a las del punto anterior, debido a efectos acumulativos de tolerancias de fitting o flanges unidos a tramos de cañería.

# Clasificación de colores según el material 6.2

## Consideraciones generales

- ✓ Este instructivo considera los materiales más usados. En caso de utilizar algún material o grado no incluido en este instructivo, se sugiere incorporar marcas adicionales.
- ✓ Las marcas de color se asignan en función de la composición química nominal.
- ✓ Este sistema de codificación no reemplaza otros sistemas de codificación permanentes que pueda tener el proveedor, como lo exige la norma ASTM aplicable u otras especificaciones del material.

✓ El principal propósito de este instructivo es simplificar la identificación de los materiales durante su almacenaje y después de ser cortado para elaboración de spools o volver a ser almacenado.

✓ Cuando los spools se pintan después de su fabricación, no necesitan marcado de color del material, a menos que así lo requiera el mandante o el código aplicable. Usualmente, las piezas de los spools son identificadas en forma especial (por ejemplo con números), que identifica únicamente el material en un documento anexo.

| Material                  | Color marca | Material             | Color marca |
|---------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| A. Carbono ERW A53 Gr. B  |             | A. Inox A312 TP304   |             |
| A. Carbono A53 Gr. B      | Sin Marca   | A. Inox A312 TP304L  |             |
| A. Carbono A106 Gr. B     |             | A. Inox A312 TP316   |             |
| A. Carbono A106 Gr. C     |             | A. Inox A312 TP316L  |             |
| A. Carbono A333 Gr. 6     |             | A. Inox A312 TP317   |             |
| A. Carbono API 5LX-52     |             | A. Inox A TP317L     |             |
| A. Carbono API 5LX-60     |             | A. Inox A312 TP321   |             |
| A. Carbono API 5LX-65     |             | A. Inox A312 TP347   |             |
| A. Carbono API 5LX-70     |             | A. Níquel 800 B407   |             |
| A. low alloy A335 Gr. P1  |             | A. Níquel 825 B423   |             |
| A. low alloy A335 Gr. P12 |             | A. Níquel 600 B167   |             |
| A. low alloy A335 Gr. P11 |             | A. Níquel 625 B444   |             |
| A. low alloy A335 Gr. P22 |             | A. Carpenter 20 B464 |             |
| A. low alloy A335 Gr. P5  |             | A. Monel 400 B165    |             |
| A. low alloy A335 Gr. P9  |             | Hastelloy C-276 B622 |             |
|                           |             |                      |             |



## 6.2 Clasificación de colores según el material

### *Localización sugerida de las marcas de color*

En general, la pintura no debe cubrir soldaduras, empaquetaduras ni biseseles.

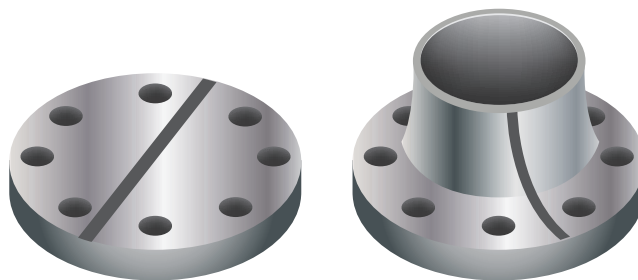
#### Cañería

Marcas de pintura, colorante o tape en todo su largo



#### Flanges

Marcados en la cara posterior, en la intersección del back face y el hub

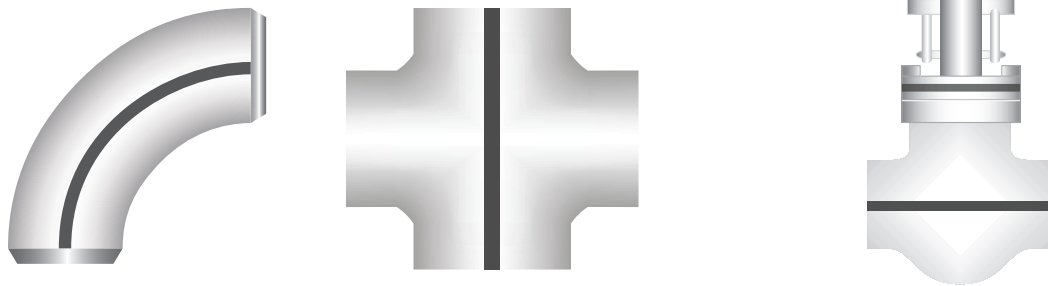


#### Componentes misceláneos

Según la geometría, de manera visible.

#### Fittings

Marcados con una banda de bisel a bisel



Este capítulo proporciona los criterios para implementar un sistema de control y trazabilidad de componentes utilizadas en la fabricación y montaje de spools en caso de no estar especificado en el código aplicable. El término "fabricante" es utilizado también para montajistas de piezas fabricadas. Los estándares de trazabilidad deben ser acordados entre el fabricante y el mandante e implementados en el sistema de control de calidad del fabricante.

## Definiciones

Certificado de ensayo de materiales (CMTR): documento escrito, emitido y certificado por el fabricante para cada componente. Describe las propiedades químicas y mecánicas, las condiciones del tratamiento térmico y otros ensayos necesarios para las especificaciones del material y una identificación única del componente.

Certificado de conformidad (CC): documento escrito, emitido y certificado por el fabricante o proveedor del material de cada componente. Normalmente proporciona una declaración escrita que certifica que algunos o todos los componentes cumplen cierta especificación y una lista con los rangos permitidos de dicha especificación. No necesariamente incluye una identificación única. Para metal de aporte, típicamente las especificaciones están dadas por la AWS A5.01.

Trazabilidad: método a través del cual se implementa un control de la relación entre los certificados de calidad y los componentes utilizadas en la fabricación.

## Especificaciones de trazabilidad a definir por el mandante

### Grupos de materiales

Típicamente:

- ✓ Elementos de acero carbono (cañería, fittings, flanges)
- ✓ Acero carbono para baja temperatura (ensayo de impacto)
- ✓ Acero carbono para altas temperaturas (sobre 650 °F)
- ✓ Acero carbono para ácido
- ✓ Acero de baja aleación (Cr 1¼a Cr 9)
- ✓ Acero inoxidable austenítico (serie 300)
- ✓ Aleaciones basadas en níquel
- ✓ Otras aleaciones

### Grupos de productos

Típicamente:

- ✓ Cañerías
- ✓ Fittings y flanges
- ✓ Válvulas
- ✓ Pernos o espárragos
- ✓ Material de aporte de soldadura

### Profundidad

Se sugieren los siguientes niveles:

- ✓ Nivel 0 (sin trazabilidad): sin documentación
- ✓ Nivel 1A (sin trazabilidad): CC del spool final
- ✓ Nivel 1B: CC para cada componente del spool
- ✓ Nivel 2A: CMTR del spool final
- ✓ Nivel 2B (trazabilidad total): CMTR para cada componente del spool

## 6.3 Control de materiales

### *Control en recepción*

- ✓ Especificaciones del material
- ✓ Marcado e identificación de cada material
- ✓ Identificación de material positivo (PMI) mediante ensayos de rayos X (si el mandante lo requiere)
- ✓ Codificación de color

### *Control durante la fabricación*

- ✓ Para niveles de trazabilidad 1B ó 2B, se debe mantener un registro de acuerdo a los procedimientos del sistema de control de calidad del fabricante.
- ✓ Se debe registrar la asociación entre materiales y planos de producción, ya sea antes o después de la confección de estos planos.

### *Documentación final*

Para niveles de trazabilidad 1B ó 2B, se debe consolidar un registro final del spool mediante planos y otro mecanismo acordado entre el mandante y el fabricante.

## Inspección aleatoria de soldaduras a tope

### Comentarios generales

- ✓ Este instructivo reconoce que la inspección aleatoria es un mecanismo de verificar el desempeño de un soldador o de su equipamiento de acuerdo a un criterio de aceptación, pero no sustituye la inspección total.
- ✓ En el caso de que el diseño de un sistema no tenga tolerancia a la cantidad de defectos que puedan ser detectados por radiografía, se debe realizar inspección al 100% de las uniones.
- ✓ La radiografía aleatoria de soldaduras efectuadas en taller se realiza antes del despacho.
- ✓ Las soldaduras no inspeccionadas son aceptadas si superan las pruebas como hidrostáticas, neumáticas, de vacío o de fuga realizadas al spool.
- ✓ Por radiografía aleatoria, se sugiere la inspección radiográfica total del 5% de las soldaduras a tope. La selección de soldaduras se puede realizar apuntando a cubrir distintos soldadores y procesos de soldadura, además de poder realizarse durante distintas etapas en el proceso de fabricación. El criterio de selección es responsabilidad del área de fabricación, salvo que el mandante solicite un criterio aleatorio particular.

### Proceso de inspección radiográfica

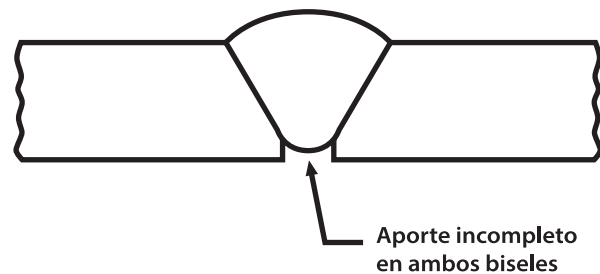
- ✓ La norma ASME V estandariza el proceso de radiografía. El criterio de aceptación del film utilizado en la radiografía depende de la resolución de la imagen y del tipo de radiografía (por hilos o por agujeros).

- ✓ La norma ASNT – SNT – TC – 1A estandariza el proceso de evaluación del personal que realiza la soldadura.

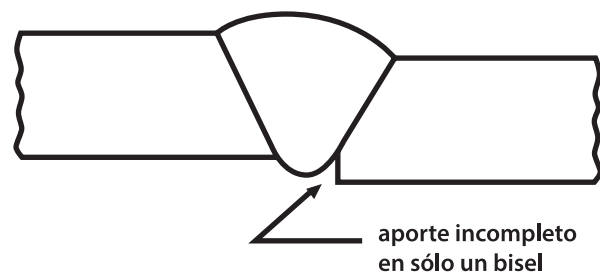
### Estándares de aceptación

Las soldaduras se deben rechazar y reparar en caso de superar las discontinuidades aceptables en alguna de las siguientes imperfecciones:

1. Fisuras o problemas de falta de fusión.
2. Penetración incompleta: Debe ser inferior a  $1/32"$  (1 mm) y a un  $0,2 T$ , donde T el menor de los espesores de los dos segmentos soldados. La longitud total de estas imperfecciones no debe exceder  $11/2"$  (38 mm) en cualquier tramo de soldadura de  $6"$  (152 mm).

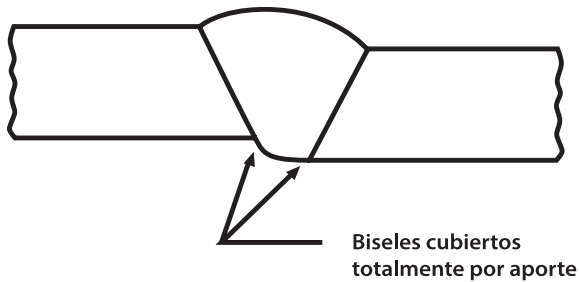


**Penetración incompleta sin high-low**



**Penetración incompleta con high-low**

## 6.4 Inspección y testeo

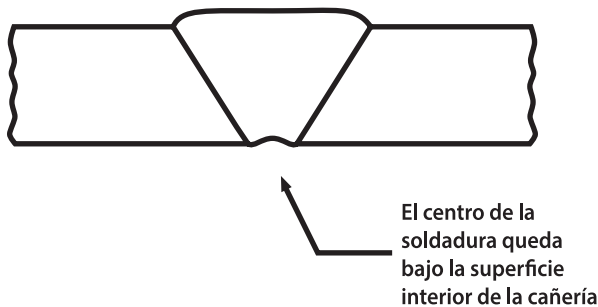


### Penetración completa con high-low (aceptable)

3. Presencia de escoria u otros defectos de elongación: la longitud total de cualquiera de estas imperfecciones no debe exceder  $2T$ , mientras que la longitud total acumulada no tiene que superar  $4T$  en cualquier tramo de soldadura  $6''$  ( $152\text{ mm}$ ). El ancho de estas imperfecciones debe ser inferior a  $1/8''$  ( $3\text{ mm}$ ) y a  $0,5T$ .

4. Los socavados (*undercuts*) en las superficies exteriores de la soldadura a tope deben tener una profundidad inferior a  $1/32''$  ( $1\text{ mm}$ ) y no deben intervenir el espesor de sección mínimo requerido.

5. Concavidad interior excesiva: el espesor de la soldadura debe ser mayor o igual al más delgado de los metales base. Se puede compensar con refuerzo en la soldadura de hasta  $1/16''$  ( $2\text{ mm}$ ).



6. Quemaduras: ocurren cuando una penetración excesiva hace que el charco de soldadura sea soplado dentro de la cañería. Deben ser inferiores a  $1/2''$  ( $13\text{ mm}$ ).

7. Porosidad: para  $T$  menor o igual a  $1/4''$  ( $6\text{ mm}$ ) no debe exceder los estándares de la norma aplicable para el sistema. Para valores de  $T$  superiores a  $1/4''$  ( $6\text{ mm}$ ) no debe exceder 1,5 veces el estándar anterior.

### Inspección visual

✓ Este capítulo cubre la definición, el propósito y las limitaciones del término "Inspección visual", cuando no está completamente descrita en el código aplicable.

✓ Otros métodos de inspección como líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido o radiografía, no son cubiertos en este instructivo.

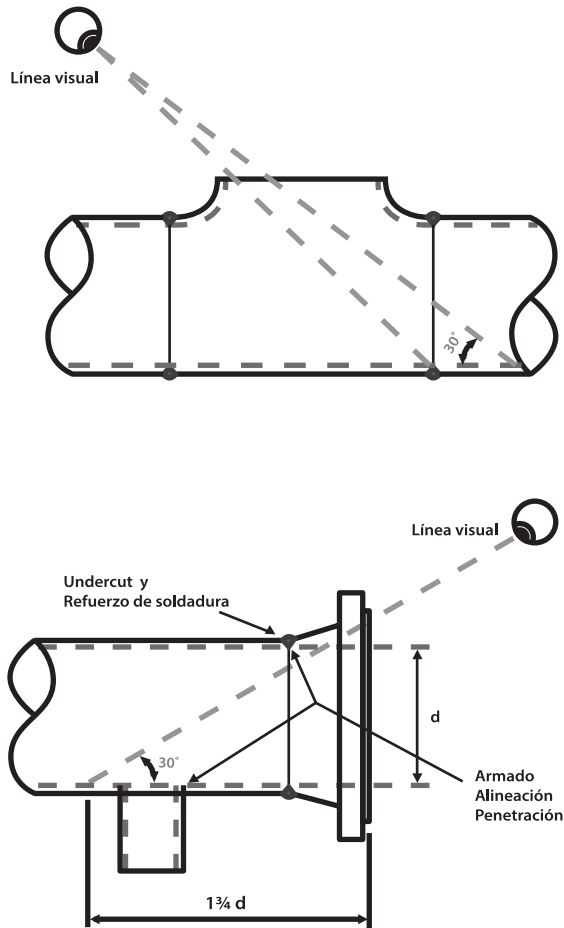
✓ La inspección con accesorios ópticos, como endoscopio, espejos, lentes de aumento o microscopios no es cubierta en este instructivo.

✓ Los criterios de aceptación para inspección visual deben ser especificados en el código aplicable y en las especificaciones de diseño.

### Definición

1. Por inspección visual se entenderá examinar a simple vista la superficie interior accesible y la superficie exterior completa del spool y sus componentes.

2. Por superficie interior accesible se entenderá que pueden ser vistas desde una distancia no mayor a 24" y a un ángulo no menor a 30° a la superficie examinada.



## Requerimientos

- ✓ La pieza inspeccionada debe estar iluminada, sin sombras ni reflejos.
- ✓ El área inspeccionada debe estar limpia, libre de residuos externos, como escoria, granalla, salpicaduras o residuos de soldadura, astillas, etc.

## Propósito

- ✓ Es uno de los métodos más valiosos: fácil de aplicar, rápido, barato y no requiere equipamiento. Si es aplicado en forma adecuada, permite identificar y eliminar una gran variedad de los defectos más comunes en la fabricación de cañerías.
- ✓ Es particularmente útil para revelar anomalías previas a la soldadura, como materiales incorrectos, defectos superficiales y fit-ups de soldadura que no estén en las condiciones adecuadas.
- ✓ Se recomienda aplicarla para detectar y evaluar imperfecciones en las superficies accesibles, como fisuras, socavaciones, traslape o porosidad. También para inspeccionar la apariencia de la pieza, su limpieza, terminaciones y el trabajo del soldador, además de verificar las dimensiones finales, el alineamiento, los requerimientos de preparación y la relación entre procedimientos y materiales.

## Limitaciones

- ✓ Limitada a la porción de la pieza que está accesible a simple vista, antes, durante y después del proceso de fabricación.
- ✓ Requiere personal calificado y experimentado en cañerías y técnicas de soldadura.



# Dimensiones de cañería 7.1

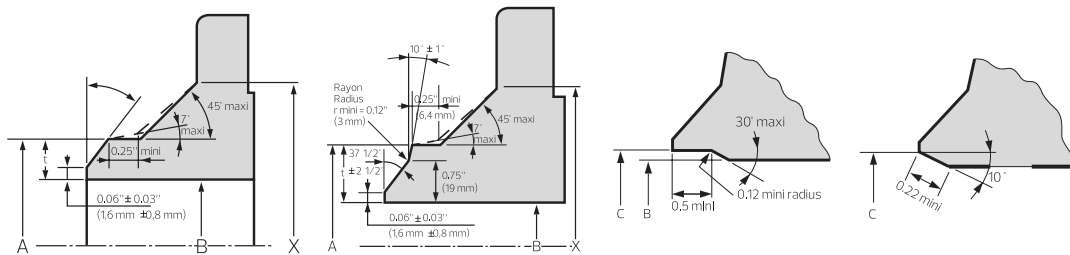
| DIMENSIÓN NOM. CAÑERÍA |                     | SCHEDULE  | ESPESOR DE PARED    |        | PESO       |        | DIMENSIÓN NOM. CAÑERÍA |                     | SCHEDULE  | ESPESOR DE PARED |        | PESO       |        |        |        |        |        |
|------------------------|---------------------|-----------|---------------------|--------|------------|--------|------------------------|---------------------|-----------|------------------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| OD PULGADA             | OD MM               | ANSI/ASME | PULG                | MM     | LIBRAS/PIE | KG/MT  | OD PULGADA             | OD MM               | ANSI/ASME | PULG             | MM     | LIBRAS/PIE | KG/MT  |        |        |        |        |
| 16<br>400              | 16,000<br><br>406,4 |           | 140                 | 1,25   | 31,75      | 170,21 | 253,32                 | 26                  |           | 10               | 0,312  | 7,92       | 85,6   | 127,36 |        |        |        |
|                        |                     |           | 160                 | 1,406  | 35,71      | 189,1  | 281,43                 | 650                 |           | 26,000           | STD    | 40S        | 0,375  | 9,53   | 102,63 | 152,87 |        |
|                        |                     |           | 5S                  | 0,165  | 4,19       | 27,75  | 41,29                  | 660,4               |           | 711,2            | XS     | 80S        | 0,5    | 12,7   | 136,17 | 202,72 |        |
|                        |                     |           | 10S                 | 0,188  | 4,78       | 31,75  | 47,25                  | 28                  |           |                  | 28,000 | 10         | 0,312  | 7,92   | 92,26  | 137,32 |        |
|                        |                     | 10        | 0,25                | 6,35   | 42,05      | 62,58  | 700                    | STD                 | 40S       | 0,375            |        | 9,53       | 110,64 | 164,85 |        |        |        |
|                        |                     | 20        | 0,312               | 7,92   | 52,27      | 77,79  | 750                    | 30,000              | 20        | 80S              |        | 0,5        | 12,7   | 146,85 | 218,64 |        |        |
|                        |                     | 30        | 0,375               | 9,53   | 62,58      | 93,13  |                        |                     | 30        | 0,625            |        | 15,88      | 182,73 | 271,21 |        |        |        |
|                        |                     | 40        | 0,5                 | 12,7   | 82,77      | 123,18 | 30                     | 5S                  | 0,25      | 6,35             | 79     | 117,55     |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 60        | 0,656               | 16,66  | 107,5      | 159,99 | 750                    | 762,0               | 10        | 0,312            | 7,92   | 98,93      | 147,23 |        |        |        |        |
|                        |                     | 80        | 0,844               | 21,44  | 136,61     | 203,31 | 800                    | 32,000              | STD       | 40S              | 0,375  | 9,53       | 118,65 | 176,58 |        |        |        |
|                        |                     | 100       | 1,031               | 26,2   | 164,82     | 245,29 |                        |                     | XS        | 20               | 80S    | 0,5        | 12,7   | 157,53 | 234,44 |        |        |
|                        |                     | 120       | 1,219               | 30,96  | 192,43     | 286,38 |                        |                     | 30        | 0,625            | 15,88  | 196,08     | 291,82 |        |        |        |        |
|                        |                     | 140       | 1,438               | 36,53  | 223,64     | 332,83 |                        |                     | 10        | 0,312            | 7,92   | 105,59     | 157,24 |        |        |        |        |
|                        |                     | 160       | 1,594               | 40,49  | 245,25     | 364,99 | 812,8                  | STD                 | 0,375     | 9,53             | 126,66 | 188,82     |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 18<br>450 | 18,000<br><br>457,2 |        | 5S         | 0,165  | 4,19                   | 31,26               | 46,51     | 34               | 34,000 | STD        | 20     | 0,5    | 12,7   | 168,21 | 250,64 |
|                        |                     |           |                     |        | 10S        | 0,188  | 4,78                   | 35,76               | 53,22     |                  |        |            | 30     | 0,625  | 15,88  | 209,43 | 312,15 |
| 10                     | 0,25                |           |                     | 6,35   | 47,39      | 70,53  | 850                    | 863,6               | 40        | 0,688            | 17,48  | 230,08     | 342,91 |        |        |        |        |
| 20                     | 0,312               |           |                     | 7,92   | 58,94      | 87,72  |                        |                     | 10        | 0,312            | 7,92   | 112,25     | 167,2  |        |        |        |        |
| STD                    | 40S                 |           |                     | 0,375  | 9,53       | 70,59  | 105,06                 | 20                  | 0,5       | 12,7             | 178,89 | 266,61     |        |        |        |        |        |
|                        | 30                  |           |                     | 0,438  | 11,13      | 82,15  | 122,26                 | 30                  | 0,625     | 15,88            | 222,78 | 332,12     |        |        |        |        |        |
| XS                     | 80S                 |           |                     | 0,5    | 12,7       | 93,45  | 139,08                 | 40                  | 0,688     | 17,48            | 244,77 | 364,9      |        |        |        |        |        |
|                        | 40                  |           |                     | 0,562  | 14,27      | 104,67 | 155,78                 | 36                  | 0,312     | 7,92             | 118,92 | 176,98     |        |        |        |        |        |
| 60                     | 0,75                |           |                     | 19,05  | 138,17     | 205,63 | 900                    | 36,000              | STD       | 40S              | 0,375  | 9,53       | 142,68 | 212,34 |        |        |        |
| 80                     | 0,938               |           |                     | 23,83  | 170,92     | 254,37 | 914,4                  | XS                  | 80S       | 0,5              | 12,7   | 189,57     | 282,13 |        |        |        |        |
| 100                    | 1,156               | 29,36     | 207,96              | 309,5  | 42         | 42,000 | STD                    | 40S                 | 0,375     | 9,53             | 166,71 | 248,52     |        |        |        |        |        |
| 20<br>500              | 20,000<br><br>508,0 |           | 120                 | 1,375  | 34,93      | 244,14 | 369,34                 | 1050                | 42,000    | XS               | 80S    | 0,5        | 12,7   | 221,61 | 330,19 |        |        |
|                        |                     |           | 140                 | 1,562  | 39,67      | 274,22 | 408,11                 | 1066,8              | 48        | 48,000           | STD    | 30         | 0,625  | 15,88  | 276,18 | 410,95 |        |
|                        |                     | 160       | 1,781               | 45,24  | 308,5      | 459,13 | 40                     | 0,75                |           |                  |        | 19,05      | 330,8  | 492,23 |        |        |        |
|                        |                     | 5S        | 0,188               | 4,78   | 39,57      | 58,87  | 48                     | 48,000              | STD       | 40S              | 0,375  | 9,53       | 190,74 | 283,82 |        |        |        |
|                        |                     | 10S       | 0,218               | 5,54   | 46,06      | 68,55  | 1200                   | 1219,2              | XS        | 80S              | 0,5    | 12,7       | 253,65 | 377,42 |        |        |        |
|                        |                     | 10        | 0,25                | 6,35   | 52,73      | 78,48  | 24<br>600              | 24,000<br><br>609,6 | STD       | 20               | 0,375  | 9,53       | 78,6   | 116,98 |        |        |        |
|                        |                     | 20        | 0,375               | 9,53   | 78,6       | 116,98 |                        |                     |           |                  |        |            |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 30        | 0,5                 | 12,7   | 104,13     | 154,97 |                        |                     | 40        | 0,594            | 15,09  | 123,11     | 183,22 |        |        |        |        |
| 40                     | 0,594               | 15,09     | 123,11              | 183,22 | 60         | 0,812  |                        |                     | 20,62     | 166,4            | 247,65 |            |        |        |        |        |        |
| 60                     | 0,812               | 20,62     | 166,4               | 247,65 | 80         | 1,031  |                        |                     | 26,19     | 208,87           | 310,85 |            |        |        |        |        |        |
| 80                     | 1,031               | 26,19     | 208,87              | 310,85 | 100        | 1,281  |                        |                     | 32,54     | 256,1            | 381,14 |            |        |        |        |        |        |
| 100                    | 1,281               | 32,54     | 256,1               | 381,14 | 120        | 1,5    |                        |                     | 38,1      | 296,37           | 441,07 |            |        |        |        |        |        |
| 120                    | 1,5                 | 38,1      | 296,37              | 441,07 | 140        | 1,75   |                        |                     | 44,45     | 341,09           | 507,63 |            |        |        |        |        |        |
| 140                    | 1,75                | 44,45     | 341,09              | 507,63 | 160        | 1,969  | 50,01                  | 379,17              | 564,3     |                  |        |            |        |        |        |        |        |
| 160                    | 1,969               | 50,01     | 379,17              | 564,3  | 5S         | 0,218  | 5,54                   | 55,07               | 81,94     |                  |        |            |        |        |        |        |        |
| 24<br>600              | 24,000<br><br>609,6 | STD       | 10                  | 0,25   | 6,35       | 63,41  | 94,37                  | 10                  | 0,25      | 6,35             | 63,41  | 94,37      |        |        |        |        |        |
|                        |                     |           | 20                  | 0,375  | 9,53       | 94,62  | 140,82                 | 20                  | 0,375     | 9,53             | 94,62  | 140,82     |        |        |        |        |        |
|                        |                     | XS        | 80S                 | 0,5    | 12,7       | 125,49 | 186,76                 | 30                  | 0,562     | 14,27            | 140,68 | 209,37     |        |        |        |        |        |
|                        |                     |           | 30                  | 0,562  | 14,27      | 140,68 | 209,37                 | 40                  | 0,688     | 17,48            | 171,29 | 254,92     |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 40        | 0,688               | 17,48  | 171,29     | 254,92 | 60                     | 0,969               | 24,61     | 238,35           | 354,72 |            |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 60        | 0,969               | 24,61  | 238,35     | 354,72 | 80                     | 1,219               | 30,96     | 296,58           | 441,39 |            |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 80        | 1,219               | 30,96  | 296,58     | 441,39 | 100                    | 1,531               | 38,89     | 367,39           | 546,77 |            |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 100       | 1,531               | 38,89  | 367,39     | 546,77 | 120                    | 1,812               | 46,02     | 429,39           | 639,04 |            |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 120       | 1,812               | 46,02  | 429,39     | 639,04 | 140                    | 2,062               | 52,37     | 483,1            | 718,97 |            |        |        |        |        |        |
|                        |                     | 140       | 2,062               | 52,37  | 483,1      | 718,97 | 160                    | 2,344               | 59,54     | 542,13           | 806,83 |            |        |        |        |        |        |
| 160                    | 2,344               | 59,54     | 542,13              | 806,83 |            |        |                        |                     |           |                  |        |            |        |        |        |        |        |



# 7.2 Extremos de soldadura

## Extremos de soldadura – ASME B 16.5

| Diam  |     |       |       |        |       |        |        |       | Diam  |     |      |       |       |        |       |        |        |       |       |
|-------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-----|------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Nom   | SCH | A     |       | B      |       | C*     |        | t     | Nom   | SCH | A    |       | B     |        | C*    |        | t*     |       |       |
|       |     | pulg  | mm    | pulg   | mm    | pulg   | mm     | pulg  |       |     | pulg | mm    | pulg  | mm     | pulg  | mm     | pulg   | mm    |       |
| 2 1/2 | 40  | 2.88  | 73    | 2,469  | 62,7  | 2,479  | 62,95  | 0,203 | 5,15  | 12  | 140  | 12,75 | 323,8 | 10,500 | 266,7 | 10,740 | 272,80 | 1,125 | 28,60 |
|       | 80  |       |       | 2,323  | 59,0  | 2,351  | 59,70  | 0,276 | 7,00  |     | 160  |       |       | 10,126 | 257,2 | 10,413 | 264,50 | 1,312 | 33,30 |
|       | 160 |       |       | 2,125  | 54,0  | 2,178  | 55,30  | 0,375 | 9,55  | 14  | STD  | 14,00 | 355,6 | 13,250 | 336,6 | 13,303 | 337,90 | 0,375 | 9,55  |
|       | XXS |       |       | 1,771  | 45,0  | 1,868  | 47,45  | 0,552 | 14,00 | 40  |      |       |       | 13,124 | 333,3 | 13,192 | 335,10 | 0,438 | 11,15 |
| 3     | 40  | 3.50  | 88,9  | 3,068  | 77,9  | 3,081  | 78,25  | 0,216 | 5,50  | XS  |      |       |       | 13,000 | 330,2 | 13,084 | 332,35 | 0,500 | 12,70 |
|       | 80  |       |       | 2,900  | 73,7  | 2,934  | 74,50  | 0,300 | 7,60  | 60  |      |       |       | 12,814 | 325,5 | 12,921 | 328,20 | 0,593 | 15,05 |
|       | 160 |       |       | 2,624  | 66,7  | 2,692  | 68,40  | 0,438 | 11,15 | 80  |      |       |       | 12,500 | 317,5 | 12,646 | 321,20 | 0,750 | 19,05 |
|       | XXS |       |       | 2,300  | 58,4  | 2,409  | 61,20  | 0,600 | 15,25 | 100 |      |       |       | 12,126 | 308,0 | 12,319 | 312,90 | 0,937 | 23,80 |
| 3 1/2 | 40  | 4.00  | 101,6 | 3,548  | 90,1  | 3,564  | 90,55  | 0,226 | 5,75  | 120 |      |       |       | 11,814 | 300,1 | 12,046 | 305,95 | 1,093 | 27,75 |
|       | 80  |       |       | 3,364  | 85,4  | 3,402  | 86,40  | 0,316 | 8,05  | 140 |      |       |       | 11,500 | 292,1 | 11,771 | 299,00 | 1,250 | 31,75 |
| 4     | 40  | 4.50  | 114,3 | 4,026  | 102,3 | 4,044  | 102,70 | 0,237 | 6,00  | 160 |      |       |       | 11,188 | 284,2 | 11,498 | 292,05 | 1,406 | 35,70 |
|       | 80  |       |       | 3,826  | 97,2  | 3,869  | 98,25  | 0,337 | 8,55  | 16  | STD  | 16,00 | 406,4 | 15,250 | 387,4 | 15,303 | 388,70 | 0,375 | 9,55  |
|       | 120 |       |       | 3,624  | 92,0  | 3,692  | 93,80  | 0,438 | 11,15 | 40  |      |       |       | 15,000 | 381,0 | 15,084 | 383,15 | 0,500 | 12,70 |
|       | 160 |       |       | 3,438  | 87,3  | 3,530  | 89,65  | 0,531 | 13,50 | 60  |      |       |       | 14,688 | 373,1 | 14,811 | 376,20 | 0,656 | 16,65 |
| 5     | 40  | 5.56  | 141,3 | 5,047  | 128,2 | 5,070  | 128,80 | 0,258 | 6,55  | 80  |      |       |       | 14,314 | 363,6 | 14,484 | 367,90 | 0,843 | 21,40 |
|       | 80  |       |       | 4,813  | 122,0 | 4,866  | 123,60 | 0,375 | 9,55  | 100 |      |       |       | 13,938 | 354,0 | 14,155 | 359,55 | 1,031 | 26,20 |
|       | 120 |       |       | 4,563  | 115,9 | 4,647  | 118,05 | 0,500 | 12,70 | 120 |      |       |       | 13,564 | 344,5 | 13,827 | 351,20 | 1,218 | 30,95 |
|       | 160 |       |       | 4,313  | 109,6 | 4,428  | 112,45 | 0,625 | 15,90 | 140 |      |       |       | 13,124 | 333,3 | 13,442 | 341,45 | 1,438 | 36,55 |
| 6     | 40  | 6.62  | 168,1 | 6,065  | 154,1 | 6,094  | 154,80 | 0,280 | 7,10  | 160 |      |       |       | 12,814 | 325,5 | 13,171 | 334,55 | 1,593 | 40,45 |
|       | 80  |       |       | 5,761  | 146,3 | 5,828  | 148,05 | 0,432 | 10,95 | 18  | STD  | 18,00 | 457   | 17,250 | 438,2 | 17,303 | 439,50 | 0,375 | 9,55  |
|       | 120 |       |       | 5,501  | 139,7 | 5,600  | 142,25 | 0,562 | 14,25 | XS  |      |       |       | 17,000 | 431,8 | 17,084 | 433,95 | 0,500 | 12,70 |
|       | 160 |       |       | 5,189  | 131,8 | 5,327  | 135,30 | 0,718 | 18,25 | 40  |      |       |       | 16,876 | 428,7 | 16,975 | 431,15 | 0,562 | 14,25 |
| 8     | 40  | 8.62  | 218,9 | 7,981  | 202,7 | 8,020  | 203,70 | 0,322 | 8,20  | 60  |      |       |       | 16,500 | 419,1 | 16,646 | 422,80 | 0,750 | 19,05 |
|       | 60  |       |       | 7,813  | 198,5 | 7,873  | 199,95 | 0,406 | 10,30 | 80  |      |       |       | 16,126 | 409,6 | 16,319 | 414,50 | 0,937 | 23,80 |
|       | 80  |       |       | 7,625  | 193,7 | 7,709  | 195,80 | 0,500 | 12,70 | 100 |      |       |       | 15,688 | 398,5 | 15,936 | 404,75 | 1,156 | 29,35 |
|       | 100 |       |       | 7,439  | 189,0 | 7,546  | 191,65 | 0,593 | 15,05 | 120 |      |       |       | 15,250 | 387,4 | 15,553 | 395,05 | 1,375 | 34,95 |
| 10    | 40  | 10.75 | 273   | 10,020 | 254,5 | 10,070 | 255,80 | 0,365 | 9,25  | 140 |      |       |       | 14,876 | 377,9 | 15,225 | 386,70 | 1,562 | 39,65 |
|       | 60  |       |       | 9,750  | 247,7 | 9,834  | 249,80 | 0,500 | 12,70 | 160 |      |       |       | 14,438 | 366,7 | 14,842 | 377,00 | 1,781 | 45,25 |
|       | 80  |       |       | 9,564  | 242,9 | 9,671  | 245,65 | 0,593 | 15,05 | 20  | STD  | 20,00 | 508   | 19,250 | 489,0 | 19,303 | 490,30 | 0,375 | 9,55  |
|       | 100 |       |       | 9,314  | 236,6 | 9,452  | 240,10 | 0,718 | 18,25 | XS  |      |       |       | 19,000 | 482,6 | 19,084 | 484,75 | 0,500 | 12,70 |
| 12    | 40  | 12.75 | 323,8 | 12,000 | 304,8 | 12,053 | 306,15 | 0,375 | 9,55  | 40  |      |       |       | 18,814 | 477,9 | 18,921 | 480,60 | 0,593 | 15,05 |
|       | 60  |       |       | 11,938 | 303,2 | 11,999 | 304,75 | 0,406 | 10,30 | 60  |      |       |       | 18,376 | 466,8 | 18,538 | 470,85 | 0,812 | 20,60 |
|       | 80  |       |       | 11,750 | 298,5 | 11,834 | 300,60 | 0,500 | 12,70 | 80  |      |       |       | 18,000 | 456,6 | 18,225 | 461,15 | 1,031 | 26,20 |
|       | 100 |       |       | 11,626 | 295,3 | 11,725 | 297,80 | 0,562 | 14,25 | 100 |      |       |       | 17,438 | 443,0 | 17,717 | 450,00 | 1,281 | 32,55 |
| 14    | 40  | 14.75 | 374,8 | 14,000 | 354,8 | 14,053 | 356,15 | 0,375 | 9,55  | 120 |      |       |       | 17,000 | 431,8 | 17,334 | 440,30 | 1,500 | 38,10 |
|       | 60  |       |       | 13,812 | 348,0 | 13,875 | 349,65 | 0,469 | 11,95 | 140 |      |       |       | 16,500 | 419,1 | 16,896 | 429,15 | 1,750 | 44,45 |
|       | 80  |       |       | 13,624 | 343,2 | 13,713 | 345,60 | 0,562 | 14,25 | 160 |      |       |       | 16,064 | 408,0 | 16,515 | 419,50 | 1,968 | 50,00 |
|       | 100 |       |       | 13,436 | 338,4 | 13,535 | 340,35 | 0,656 | 16,65 | 24  | STD  | 24,00 | 610   | 23,250 | 590,6 | 23,303 | 591,90 | 0,375 | 9,55  |
| 16    | 40  | 16.75 | 425,8 | 16,000 | 405,8 | 16,053 | 407,15 | 0,375 | 9,55  | XS  |      |       |       | 23,000 | 584,2 | 23,084 | 586,35 | 0,500 | 12,70 |
|       | 60  |       |       | 15,812 | 400,0 | 15,875 | 401,65 | 0,469 | 11,95 | 30  |      |       |       | 22,876 | 581,1 | 22,975 | 583,55 | 0,562 | 14,25 |
|       | 80  |       |       | 15,624 | 395,2 | 15,713 | 397,15 | 0,562 | 14,25 | 40  |      |       |       | 22,626 | 574,7 | 22,757 | 578,05 | 0,687 | 17,45 |
|       | 100 |       |       | 15,436 | 390,4 | 15,535 | 392,15 | 0,656 | 16,65 | 60  |      |       |       | 22,064 | 560,4 | 22,265 | 565,55 | 0,968 | 24,60 |
| 18    | 40  | 18.75 | 476,3 | 18,000 | 456,3 | 18,053 | 457,65 | 0,375 | 9,55  | 80  |      |       |       | 21,564 | 547,7 | 21,827 | 554,40 | 1,218 | 30,95 |
|       | 60  |       |       | 17,812 | 448,0 | 17,875 | 449,65 | 0,469 | 11,95 | 100 |      |       |       | 20,938 | 531,8 | 21,280 | 540,50 | 1,531 | 38,90 |
|       | 80  |       |       | 17,624 | 443,2 | 17,713 | 445,15 | 0,562 | 14,25 | 120 |      |       |       | 20,376 | 517,6 | 20,788 | 528,00 | 1,812 | 46,00 |
|       | 100 |       |       | 17,436 | 438,4 | 17,535 | 440,35 | 0,656 | 16,65 | 140 |      |       |       | 19,876 | 504,9 | 20,350 | 516,90 | 2,062 | 52,35 |
| 20    | 40  | 20.75 | 527,3 | 20,000 | 497,3 | 20,053 | 498,65 | 0,375 | 9,55  | 160 |      |       |       | 19,314 | 490,6 | 19,859 | 504,40 | 2,343 | 59,50 |
|       | 60  |       |       | 19,212 | 488,0 | 19,275 | 489,65 | 0,469 | 11,95 |     |      |       |       |        |       |        |        |       |       |
|       | 80  |       |       | 19,024 | 483,2 | 19,113 | 485,15 | 0,562 | 14,25 |     |      |       |       |        |       |        |        |       |       |
|       | 100 |       |       | 18,836 | 478,4 | 18,935 | 480,35 | 0,656 | 16,65 |     |      |       |       |        |       |        |        |       |       |

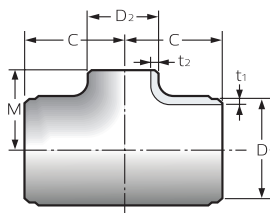


# Tee y tee reducida 7.3

## Tee y tee reducida – ASME B 16.9

| DN<br>pulg<br>(mm) | Medida | 1/4<br>(14) | 3/8<br>(17) | 1/2<br>(21) | 3/4<br>(27) | 1<br>(33) | 1 1/4<br>(42) | 1 1/2<br>(48) | 2<br>(60) | 2 1/2<br>(73) | 3<br>(89) | 3 1/2<br>(102) | 4<br>(114) | 5<br>(141) | 6<br>(168) | 8<br>(219) | 10<br>(273) | 12<br>(324) | 14<br>(356) | 16<br>(406) |       |     |     |     |     |
|--------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------------|---------------|-----------|---------------|-----------|----------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| C                  |        | 25          | 25          | 25          |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 1/2 M              |        | 25          | 25          | 25          |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (21) W             |        | 0,16        | 0,16        | 0,16        |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             | 29          | 29          | 29          |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 3/4 M              |        |             | 29          | 29          | 29          |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (27) W             |        |             | 0,25        | 0,25        | 0,2         |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             | 38          | 38          | 38        |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 1 M                |        |             |             | 38          | 38          | 38        |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (33) W             |        |             |             | 0,34        | 0,35        | 0,29      |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             | 48          | 48        | 48            | 48            |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 1 1/4 M            |        |             |             |             | 48          | 48        | 48            | 48            |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (42) W             |        |             |             |             | 0,6         | 0,6       | 0,6           | 0,53          |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             | 57          | 57        | 57            | 57            | 57        |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 1 1/2 M            |        |             |             |             | 57          | 57        | 57            | 57            | 57        |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (48) W             |        |             |             |             | 1,35        | 0,73      | 0,73          | 0,8           | 0,77      |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             | 64        | 64            | 64            | 64        | 64            |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 2 M                |        |             |             |             |             | 44        | 51            | 57            | 60        | 64            |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (60) W             |        |             |             |             |             | 1,29      | 1,31          | 1,46          | 1,5       | 1,88          |           |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           | 76            | 76            | 76        | 76            | 76        |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 2 1/2 M            |        |             |             |             |             |           | 57            | 64            | 67        | 70            | 76        |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (73) W             |        |             |             |             |             |           | 1,96          | 1,99          | 2,04      | 2,08          | 2,69      |                |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               | 86            | 86        | 86            | 86        | 86             |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 3 M                |        |             |             |             |             |           |               | 70            | 73        | 76            | 83        | 86             |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (89) W             |        |             |             |             |             |           |               | 2,88          | 2,88      | 2,9           | 3         | 3,82           |            |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               | 95        | 95            | 95        | 95             | 95         |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 3 1/2 M            |        |             |             |             |             |           |               |               | 79        | 83            | 89        | 92             | 95         |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (102) W            |        |             |             |             |             |           |               |               | 3,85      | 3,85          | 3,99      | 4,09           | 5,18       |            |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           | 105           | 105       | 105            | 105        | 105        |            |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 4 M                |        |             |             |             |             |           |               |               |           | 86            | 89        | 95             | 98         | 102        | 105        |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (114) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           | 4,95          | 4,99      | 5,13           | 5,18       | 5,27       | 6          |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               | 124       | 124            | 124        | 124        | 124        |            |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 5 M                |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               | 105       | 108            | 111        | 114        | 117        | 124        |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (141) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               | 7,81      | 7,9            | 7,99       | 8,08       | 8,22       | 9,94       |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           | 143            | 143        | 143        | 143        | 143        |             |             |             |             |       |     |     |     |     |
| 6 M                |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           | 121            | 124        | 127        | 130        | 137        | 143         |             |             |             |       |     |     |     |     |
| (168) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           | 16             | 16         | 16         | 16         | 16         | 16,48       |             |             |             |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            | 178        | 178         | 178         | 178         | 178         |       |     |     |     |     |
| 8 M                |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            | 152        | 156         | 162         | 168         | 178         |       |     |     |     |     |
| (219) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            | 28         | 28          | 28          | 28          | 33          |       |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            | 216         | 216         | 216         | 216         |       |     |     |     |     |
| 10 M               |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            | 184         | 191         | 194         | 203         | 216   |     |     |     |     |
| (273) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            | 41          | 41          | 41          | 41          | 49,35 |     |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             | 254         | 254         | 254         | 254   |     |     |     |     |
| 12 M               |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             | 216         | 219         | 229         | 241   | 254 |     |     |     |
| (324) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             | 63          | 63          | 63          | 63    | 65  |     |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             | 279         | 279         | 279   | 279 |     |     |     |
| 14 M               |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             | 238         | 248         | 257   | 270 | 279 |     |     |
| (356) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             | 107         | 107         | 107   | 111 | 93  |     |     |
| C                  |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             | 305         | 305   | 305 | 305 |     |     |
| 16 M               |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             | 264         | 273   | 283 | 295 | 305 | 305 |
| (406) W            |        |             |             |             |             |           |               |               |           |               |           |                |            |            |            |            |             |             |             | 116         | 116   | 116 | 119 | 119 | 115 |

C Avance ramal (mm)  
M Avance principal (mm)  
W Peso en SCH STD (Kg)

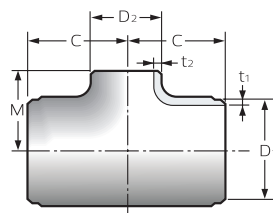


# 7.3 Tee y tee reducida

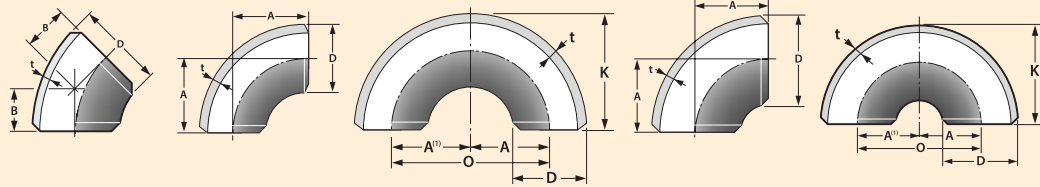
## Tee y tee reducida – ASME B 16.9

| DN pulg (mm) | Medida | DN (219) | DN (273) | DN (324) | DN (356) | DN (406) | DN (457) | DN (508) | DN (559) | DN (610) | DN (660) | DN (711) | DN (762) | DN (813) | DN (864) | DN (914) | DN (965) | DN (1016) | DN (1067) | DN (1118) | DN (1168) | DN (1219) |     |
|--------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| 18           | M      | 298      | 308      | 321      | 330      | 330      | 343      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 129      | 129      | 135      | 135      | 135      | 135      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 20           | M      | 324      | 333      | 346      | 356      | 356      | 368      | 381      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 163      | 163      | 163      | 163      | 168      | 168      | 168      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 22           | M      | 359      | 371      | 381      | 381      | 381      | 394      | 406      | 419      |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 172      | 172      | 172      | 209      | 209      | 220      | 200      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 24           | M      | 432      | 432      | 432      | 432      | 432      | 432      | 432      | 432      |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 204      | 218      | 222      | 222      | 227      | 227      | 227      | 240      |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 26           | M      | 422      | 432      | 432      | 444      | 457      | 470      | 483      | 495      |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 231      | 239      | 247      | 255      | 264      | 272      | 280      | 288      |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 28           | M      | 448      | 457      | 457      | 470      | 483      | 495      | 508      | 521      | 521      |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | **       | 274      | 283      | 292      | 302      | 311      | 320      | 325      | 337      |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 30           | M      | 559      | 559      | 559      | 559      | 559      | 559      | 559      | 559      | 559      | 559      |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 296      | 304      | 312      | 321      | 330      | 340      | 351      | 361      | 372      | 380      | 388,5    |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 32           | M      | 508      | 508      | 508      | 521      | 533      | 546      | 559      | 572      | 572      | 584      | 597      |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 415      | 425      | 436      | 448      | 460      | 472      | 482      | 493      | 506      | 451      |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 34           | M      | 533      | 546      | 559      | 572      | 584      | 597      | 597      | 610      | 622      | 635      | 635      |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 415      | 425      | 436      | 448      | 460      | 472      | 482      | 493      | 506      | 516      |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 36           | M      | 559      | 572      | 584      | 597      | 610      | 622      | 622      | 635      | 648      | 660      | 673      |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 472      | 483      | 493      | 502      | 513      | 526      | 537      | 548      | 561      | 574      | 587,5    |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 38           | M      | 597      | 610      | 622      | 635      | 648      | 648      | 673      | 686      | 698      | 711      | 711      |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | 638      |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 40           | M      | 622      | 635      | 648      | 660      | 673      | 673      | 698      | 711      | 711      | 724      | 737      | 749      |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 540      | 552      | 565      | 580      | 595      | 611      | 627      | 643      | 659      | 659      | 664      | 690      |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 42           | M      | 635      | 648      | 660      | 660      | 698      | 698      | 711      | 711      | 711      | 711      | 711      | 711      |          |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | 700      | 708      | 708      | 728      | 728      | 750      | 750      | 772      | 772      | 818      | **       | **       | 831      |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 44           | M      | 686      | 686      | 698      | 698      | 698      | 698      | 698      | 711      | 711      | 724      | 737      | 749      | 762      |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | 899      |          |          |          |           |           |           |           |           |     |
| 46           | M      | 724      | 724      | 737      | 737      | 737      | 737      | 749      | 749      | 749      | 762      | 762      | 775      | 787      | 800      | 800      |          |           |           |           |           |           |     |
|              | W      | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | **       | 1007     |          |           |           |           |           |           |     |
| 48           | M      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889      | 889       | 889       | 889       | 889       | 889       | 889 |
|              | W      | 960      | 960      | 980      | 980      | 1000     | 1000     | 1022     | 1022     | 1044     | 1067     | 1067     | 1090     | 1090     | 1113     |          |          |           |           |           |           |           |     |

C Avance ramal (mm)  
M Avance principal (mm)  
W Peso en SCH STD (Kg)  
\*\* Depende de la aplicación



## Codos y retornos – ASME B 16.9



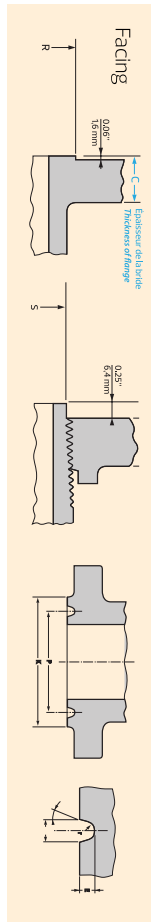
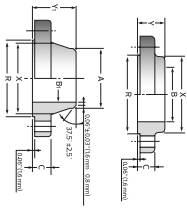
Codo 45 largo      Codo 90 largo      Retorno 180 largo      Codo 90 corto      Retorno 180 corto

| Diám Nom | Diám ext | Espesor SCH STD | Centro Extremo | Peso SCH STD | Centro Extremo | Peso SCH STD | Centro Centro | Altura K | Peso SCH STD | Centro Extremo | Peso SCH STD | Centro Centro | Altura K | Peso SCH STD |
|----------|----------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|---------------|----------|--------------|----------------|--------------|---------------|----------|--------------|
| D (pulg) | D (mm)   | t (mm)          | B (mm)         | (Kg)         | A (mm)         | (Kg)         | O (mm)        | K (mm)   | (Kg)         | A (mm)         | (Kg)         | O (mm)        | K (mm)   | (Kg)         |
| 1/2      | 21       | 2,77            | 16             | 0,04         | 38             | 0,08         | 76            | 48       | 0,16         | -              | -            | -             | -        | -            |
| 3/4      | 27       | 2,87            | 19             | 0,04         | 38             | 0,08         | 76            | 51       | 0,16         | -              | -            | -             | -        | -            |
| 1        | 33       | 3,38            | 22             | 0,08         | 38             | 0,15         | 76            | 56       | 0,31         | 25             | 0,1          | 51            | 41       | 0,2          |
| 1 1/4    | 42       | 3,56            | 25             | 0,12         | 48             | 0,25         | 95            | 70       | 0,5          | 32             | 0,16         | 64            | 52       | 0,33         |
| 1 1/2    | 48       | 3,68            | 29             | 0,18         | 57             | 0,36         | 114           | 83       | 0,73         | 38             | 0,24         | 76            | 62       | 0,48         |
| 2        | 60       | 3,91            | 35             | 0,32         | 76             | 0,65         | 152           | 106      | 1,3          | 51             | 0,43         | 102           | 81       | 0,86         |
| 2 1/2    | 73       | 5,16            | 44             | 0,64         | 95             | 1,28         | 191           | 132      | 2,57         | 64             | 0,82         | 127           | 100      | 1,64         |
| 3        | 89       | 5,49            | 51             | 1,02         | 114            | 2,03         | 229           | 159      | 4,07         | 76             | 1,35         | 152           | 121      | 2,7          |
| 3 1/2    | 102      | 5,74            | 57             | 1,43         | 133            | 2,87         | 267           | 184      | 5,74         | 89             | 1,9          | 178           | 140      | 3,8          |
| 4        | 114      | 6,02            | 64             | 1,95         | 152            | 3,9          | 305           | 210      | 7,8          | 102            | 2,6          | 203           | 159      | 5,2          |
| 5        | 141      | 6,55            | 79             | 3,25         | 190            | 6,5          | 381           | 262      | 13           | 127            | 4,35         | 254           | 197      | 8,7          |
| 6        | 168      | 7,11            | 95             | 5,1          | 229            | 10,2         | 457           | 313      | 20,4         | 152            | 6,45         | 305           | 237      | 12,9         |
| 8        | 219      | 8,18            | 127            | 11,15        | 305            | 20,3         | 610           | 414      | 40,6         | 203            | 16,5         | 406           | 313      | 33           |
| 10       | 273      | 9,27            | 159            | 20,5         | 381            | 37           | 762           | 518      | 74           | 254            | 31,15        | 508           | 391      | 62,3         |
| 12       | 324      | 9,53            | 190            | 27           | 457            | 54           | 914           | 619      | 108          | 305            | 45           | 610           | 467      | 90           |
| 14       | 356      | 9,53            | 222            | 34           | 533            | 68           | 1067          | 711      | 136          | 356            | 52,5         | 711           | 533      | 106          |
| 16       | 406      | 9,53            | 254            | 48           | 610            | 89,2         | 1219          | 813      | 178,4        | 406            | 71,25        | 813           | 610      | 142,5        |
| 18       | 457      | 9,53            | 286            | 60           | 686            | 112,9        | 1372          | 914      | 225,8        | 457            | 90           | 914           | 686      | 180          |
| 20       | 508      | 9,53            | 318            | 71,2         | 762            | 142,4        | 1524          | 1016     | 284,8        | 508            | 110          | 1016          | 762      | 219          |
| 22       | 559      | 9,53            | 343            | 89           | 838            | 178          | 1676          | 1118     | 346          | 559            | 132          | 1118          | 838      | 264          |
| 24       | 610      | 9,53            | 381            | 102,95       | 914            | 202          | 1829          | 1219     | 411,8        | 610            | 165          | 1219          | 914      | 330          |
| 26       | 660      | 9,53            | 406            | 124,9        | 991            | 270          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 28       | 711      | 9,53            | 438            | 150          | 1067           | 300          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 30       | 762      | 9,53            | 470            | 167          | 1143           | 333          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 32       | 813      | 9,53            | 502            | 193          | 1219           | 390          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 34       | 864      | 9,53            | 533            | 215          | 1295           | 430          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 36       | 914      | 9,53            | 565            | 241          | 1372           | 482          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 38       | 965      | 9,53            | 600            | 272          | 1448           | 540          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 40       | 1016     | 9,53            | 632            | 290          | 1524           | 580          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 42       | 1067     | 9,53            | 660            | 327          | 1600           | 655          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 44       | 1118     | 9,53            | 695            | 363          | 1676           | 726          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 46       | 1168     | 9,53            | 727            | 408          | 1753           | 816          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |
| 48       | 1219     | 9,53            | 759            | 443          | 1829           | 885          | -             | -        | -            | -              | -            | -             | -        | -            |

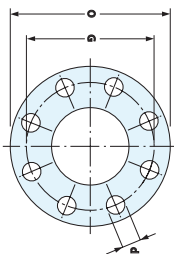


# Flanges 7.5

## Dimensiones flanges clase 300 – ASME B 16.5



Norma ASME B16.5 sólo hasta DN 600, para DN 650 en adelante se tabuló Norma BS 3293



| DN  | NPS   | R      | S     | X     | P     | E     | F    | L    | Approximate dist. Between flanges | Ring number | O    | H     | G    | d     | C (min) | B (min) | Peso (min) | A     | Y1   | Peso | Diameter UNC | Largo 64 mm |      |       |       |     |     |
|-----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----------------------------------|-------------|------|-------|------|-------|---------|---------|------------|-------|------|------|--------------|-------------|------|-------|-------|-----|-----|
| 15  | 3/4   | 42.9   | 23.9  | 19.8  |       |       |      |      |                                   |             | 89.0 | 4     | 69.8 | 16.8  | 11.2    | 3.00    | 22.4       | 16.0  | 0.8  | 0.0  | 21.3         | 4.8         | 0.6  | 1/2   | M14   | 60  |     |
| 20  | 1/2   | 50.8   | 30.2  | 31.7  | 6.35  | 4/62  | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R15  | 106.0 | 4    | 79.4  | 16.8    | 14.3    | 49.0       | 34.5  | 1.0  | 0.0  | 33.4         | 5.6         | 1.1  | 1/2   | M14   | 65  |     |
| 25  | 1     | 63.5   | 38.1  | 39.6  | 7.32  | 5/715 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R17  | 117.0 | 4    | 88.9  | 16.8    | 15.7    | 59.0       | 43.2  | 1.0  | 0.0  | 42.2         | 5.7         | 1.4  | 1/2   | M14   | 70  |     |
| 32  | 1 1/4 | 73.1   | 44.5  | 46.0  | 8.25  | 6/507 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R19  | 127.0 | 4    | 98.4  | 16.8    | 17.5    | 65.0       | 49.5  | 2.20 | 1.5  | 0.0          | 48.3        | 6.2  | 1.8   | 1/2   | M14 | 70  |
| 40  | 1 1/2 | 81.8   | 51.2  | 58.7  | 10.16 | 8/255 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R22  | 152.0 | 4    | 120.6 | 19.0    | 19.1    | 78.0       | 62.0  | 2.50 | 2.3  | 0.0          | 60.3        | 6.3  | 2.7   | 5/8   | M16 | 85  |
| 50  | 2     | 91.9   | 57.2  | 68.3  | 12.70 | 10/16 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R25  | 178.0 | 4    | 139.7 | 19.0    | 22.3    | 90.0       | 74.7  | 2.90 | 3.7  | 0.0          | 73.0        | 7.0  | 4.5   | 5/8   | M16 | 90  |
| 65  | 2 1/2 | 104.6  | 68.3  | 69.9  | 13.4  | 11/3  | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R29  | 190.0 | 4    | 152.4 | 19.0    | 23.9    | 108.0      | 90.7  | 3.00 | 4.2  | 0.0          | 88.9        | 7.0  | 4.5   | 5/8   | M16 | 90  |
| 80  | 3     | 127.0  | 84.1  | 85.9  | 15.88 | 13/18 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R33  | 216.0 | 4    | 171.8 | 19.0    | 23.9    | 122.0      | 103.4 | 3.20 | 5.3  | 0.0          | 101.6       | 7.1  | 6.2   | 5/8   | M16 | 90  |
| 100 | 4     | 157.2  | 109.5 | 111.3 | 17.15 | 14/92 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R36  | 229.0 | 8    | 190.5 | 19.0    | 23.9    | 135.0      | 116.1 | 3.30 | 5.9  | 0.0          | 114.3       | 7.6  | 7.0   | 5/8   | M16 | 90  |
| 125 | 5     | 185.7  | 136.7 | 138.2 | 19.35 | 17/15 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R40  | 254.0 | 8    | 215.3 | 22.2    | 23.9    | 164.0      | 143.8 | 3.70 | 7.0  | 0.0          | 141.3       | 8.9  | 8.6   | 3/4   | M20 | 95  |
| 150 | 6     | 215.9  | 162.1 | 163.6 | 21.9  | 19/37 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R43  | 279.0 | 8    | 241.3 | 22.2    | 25.4    | 192.0      | 170.7 | 4.00 | 8.5  | 0.0          | 168.3       | 8.9  | 10.8  | 3/4   | M20 | 100 |
| 200 | 8     | 269.7  | 212.8 | 214.4 | 27.3  | 24/7  | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R48  | 343.0 | 8    | 298.4 | 22.2    | 28.5    | 246.0      | 221.5 | 4.40 | 13.5 | 0.0          | 219.1       | 10.2 | 18.0  | 3/4   | M20 | 110 |
| 250 | 10    | 323.8  | 266.7 | 268.2 | 33.02 | 30/4  | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R52  | 406.0 | 12   | 362.0 | 25.4    | 30.2    | 305.0      | 276.4 | 4.90 | 19.5 | 0.0          | 273.0       | 10.2 | 24.0  | 7/8   | M24 | 115 |
| 300 | 12    | 381.0  | 317.5 | 319.0 | 40.64 | 38/1  | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 4.1         | R56  | 483.0 | 12   | 431.8 | 25.4    | 31.8    | 365.0      | 327.2 | 5.60 | 29.0 | 0.0          | 323.9       | 11.4 | 27.0  | 1     | M27 | 120 |
| 350 | 14    | 432.8  | 349.3 | 350.8 | 42.59 | 39/69 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 3           | R59  | 530.0 | 12   | 476.2 | 28.5    | 31.8    | 400.0      | 359.2 | 5.70 | 39.0 | 0.0          | 359.6       | 12.7 | 47.0  | 1     | M27 | 135 |
| 400 | 16    | 489.9  | 400.1 | 401.6 | 48.26 | 45/4  | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 3           | R64  | 597.0 | 16   | 539.8 | 28.5    | 36.6    | 457.0      | 410.5 | 6.30 | 47.0 | 0.0          | 406.4       | 12.7 | 58.0  | 1     | M27 | 150 |
| 450 | 18    | 533.4  | 450.8 | 452.4 | 54.61 | 51/75 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 3           | R68  | 630.0 | 16   | 577.8 | 31.8    | 39.7    | 505.0      | 461.8 | 6.80 | 54.0 | 0.0          | 457.0       | 14.0 | 64.0  | 1 1/8 | M30 | 160 |
| 500 | 20    | 584.2  | 501.7 | 503.2 | 59.69 | 55/88 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 3           | R72  | 698.0 | 20   | 635.0 | 31.8    | 42.9    | 559.0      | 513.1 | 7.30 | 70.0 | 0.0          | 508.0       | 14.4 | 77.0  | 1 1/8 | M30 | 160 |
| 600 | 24    | 692.2  | 603.3 | 604.8 | 71.12 | 67/31 | 6.35 | 8/74 | 0.8                               | 3           | R76  | 815.0 | 20   | 749.3 | 35.0    | 47.7    | 664.0      | 616.0 | 8.30 | 95.0 | 0.0          | 610.0       | 15.2 | 118.0 | 1 1/4 | M33 | 185 |
| 650 | 26    | 742.9  |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 700 | 28    | 793.7  |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 750 | 30    | 857.0  |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 800 | 32    | 908.0  |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 850 | 34    | 958.8  |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 900 | 36    | 1023.3 |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 40  | 1 1/2 | 81.8   |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 42  | 1 1/2 | 81.8   |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 44  | 1 1/2 | 81.8   |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 46  | 1 1/2 | 81.8   |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 48  | 1 1/2 | 81.8   |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 50  |       |        |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 52  |       |        |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 54  |       |        |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 56  |       |        |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 58  |       |        |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |
| 60  |       |        |       |       |       |       |      |      |                                   |             |      |       |      |       |         |         |            |       |      |      |              |             |      |       |       |     |     |