

Manual del Instalador de Sistemas de Tubo



Swagelok®

Manual del instalador de Sistemas de Tubo Swagelok



Swagelok Company — Solon, Ohio, EE.UU.

**La versión electrónica del Manual del instalador de Sistemas de Tubo
sustituye a la versión impresa.**

Todas las marcas registradas son propiedad de Swagelok Company, salvo mención expresa.

Delrin—TM E.I. du Pont de Nemours and Company

Dowtherm—TM The Dow Chemical Company

Therminol—TM Solutia Inc. Corporation

Tygon—TM Saint-Gobain Performance Plastics Corporation

Copyright © 1963-2025

Rev J

MS-13-03ES

Swagelok Company

Solon, Ohio

Impreso en los Estados Unidos de América

Publicado simultáneamente en el Dominio de Canadá

Todos los derechos reservados. Este libro o cualquier parte del mismo no se puede reproducir de ninguna forma sin el permiso expreso de Swagelok Company.

Los racores, válvulas y otros componentes de sistemas de fluidos ilustrados en este manual son patentes en vigor o pendientes en EE.UU. y el exterior.

La finalidad del contenido de este manual es ofrecer información de referencia para asistir al usuario. No obstante se debe tener en cuenta el diseño global del sistema para asegurar un uso seguro y sin problemas. El diseñador de la instalación y el usuario son los responsables de la función del componente, de la compatibilidad de los materiales, de los rangos de operación apropiados, así como de la operación y mantenimiento del mismo.

Prólogo

Donde fluyen los gases y líquidos, los racores Swagelok® son los preferidos por su sólido rendimiento, fiabilidad y disponibilidad. Los racores Swagelok han conseguido el liderazgo en la industria gracias a unos principios de diseño excepcionales combinados con una metalurgia superior, estrictas tolerancias de fabricación y garantía de calidad en cada etapa del proceso de fabricación. Además, nuestra red de centros locales autorizados de ventas y servicio le ayudan a optimizar su cadena de suministro con entregas inmediatas, gestión de inventarios y apoyo en todo el mundo.

Estos racores se han utilizado con éxito en aplicaciones exigentes en sectores como el del semiconductor, combustibles alternativos, química y petroquímica, petróleo y gas, energía fósil y nuclear, papeleras y aeroespacial. Nuestros esfuerzos por la mejora continua han permitido a los racores Swagelok sentar la norma de la excelencia desde 1947.

A medida que los requisitos industriales han crecido y cambiado con los años, también lo ha hecho el contenido de este manual. Hemos ampliado el manual para incluir información sobre la selección de racores para servicio crítico, metalurgia, innovaciones en el diseño de producto y procesos de fabricación avanzados. Pero la información con la que siempre ha contado como la localización y solución de problemas, especificaciones de tubo y presiones de servicio permanece aquí.

Para mejorar la accesibilidad a la información del manual, hemos incorporado códigos QR como el de abajo. Los códigos le enlazan a información importante como publicaciones complementarias o vídeos. Solo utilice el lector QR de su dispositivo móvil o vaya a www.swagelok.com/TFM para acceder al contenido.



Para ampliar la información vea este vídeo sobre el funcionamiento sin fugas.
www.swagelok.com/TFM

El éxito de su sistema de fluidos no solo depende de especificar racores Swagelok, sino del adecuado uso e instalación de tubo de alta calidad. Creemos que la combinación de estos factores le ayudará sobradamente a asegurar conexiones sin fugas.

La información contenida en este manual es el resultado de una extensa investigación en campo y estudios de laboratorio dirigidos por nuestros ingenieros de investigación y desarrollo y también por nuestros clientes. Nos gustaría agradecer a los muchos instaladores, ingenieros de diseño de sistemas e instrumentación y al personal de planta cuya gran ayuda, sugerencias, contribuciones y observaciones han hecho posible este libro.

Tabla de contenidos

Capítulo 1	El Racor Swagelok.....	1
Capítulo 2	Tubo: Especificación y Pedido	17
Capítulo 3	Manipulación e instalación del tubo y los racores.....	33
Capítulo 4	Servicio crítico	123
Capítulo 5	Localización y solución de problemas ...	149
Capítulo 6	Accesorios para usos especiales.....	157
Capítulo 7	Pruebas y evaluación del rendimiento de los racores para tubo	173
Capítulo 8	Roscas	193
Capítulo 9	Presión de servicio	209
Capítulo 10	El coste oculto de las fugas.....	223
Apéndice A	Gráficos de caudal/presión y Conversiones.....	233
Apéndice B	Información general.....	263
Apéndice C	Tablas de corrosión	283
Índice		299

Capítulo 1

El Racor Swagelok

Tabla de Contenidos

La Superioridad del racor Swagelok®	2
Cómo trabaja el Racor Swagelok	3
Factores de rendimiento mejorados:	
Los tres grandes factores de rendimiento	4
Sujeción del tubo	4
Cierre en servicio de gas	5
Resistencia a la vibración	6
Materiales	7
Normativas de Materiales	7
Otros Procesos	8
Racores Swagelok taladrados	8
La selección perfecta de los racores para tubo	10
Diseño	10
Rendimiento	11
Instalación	11
Garantía de Calidad	12
Por qué son importantes las tolerancias estrictas	12
Galgabilidad	14
Mezcla e intercambio de los componentes de los racores para tubo	15

La Superioridad del racor Swagelok

El Racor Swagelok es un racor para tubo no abocardado de sujeción mecánica que consiste en un cuerpo, una tuerca, una férula delantera y una férula trasera. Es el racor de sujeción mecánica de dos férulas líder de la industria y ha establecido los estándares de rendimiento y fiabilidad. Todos los componentes se fabrican bajo estrictas tolerancias y con el material del más alto estándar de calidad, ofreciendo un racor para tubo que se utiliza en una amplia diversidad de mercados y aplicaciones. El diseño ha evolucionado en los últimos años para adaptarse a las necesidades cambiantes de la industria.



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre el diseño.

www.swagelok.com/TFM

Los Racores Swagelok se ofrecen en una variedad de configuraciones, tamaños y materiales diseñados para operar en algunas de las más críticas aplicaciones de campo. Puede ampliar la información acerca del funcionamiento sin fugas de Swagelok.



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre el funcionamiento sin fugas.

www.swagelok.com/TFM

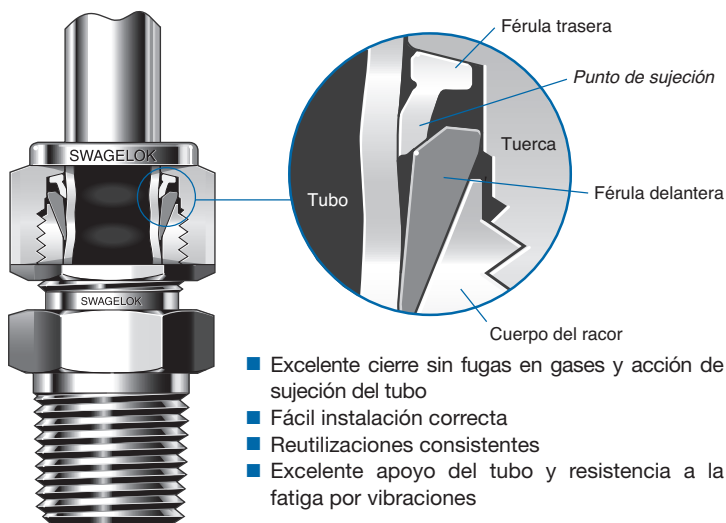


Figura 1-1 La Superioridad del racor Swagelok.

Cómo funciona el racor Swagelok

El racor Swagelok es un dispositivo de sujeción y cierre en fase secuencial controlada. Su superior diseño, las rígidas tolerancias de fabricación y los estrictos programas de control de calidad producen un elemento de sujeción y sellado, completamente metálico, a prueba de fugas cuando está instalado correctamente.



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre cómo funciona el apriete.
www.swagelok.com/TFM

Formado por el cuerpo, la tuerca, la férula delantera y la férula trasera, el racor Swagelok funciona de la siguiente manera:

1. El tubo se introduce a fondo, dentro del racor montado, hasta que haga tope contra el asiento del racor.
2. La tuerca se aprieta una vuelta y cuarto (1 1/4) desde la posición de apretado a mano. Durante este apriete, dentro del racor se producen una serie de movimientos diferentes en una secuencia planeada.



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre *Cómo funciona*.
www.swagelok.com/TFM

- a) Debido al trabajo de la rosca, la tuerca avanza empujando a la férula trasera hacia delante.
- b) La férula trasera empuja a la férula delantera hacia delante.
- c) La férula delantera es forzada hacia dentro por la boca cónica del cuerpo del racor.
- d) La férula delantera elimina la holgura entre su diámetro interior y el diámetro exterior del tubo.
- e) A medida que la férula delantera se mueve hacia delante y hacia dentro, su parte trasera es levantada por la férula trasera para crear un cierre contra el cono del cuerpo.
- f) Y a medida que aumenta la resistencia, debido a que el tubo se deforma más y a que entran en contacto una superficie mayor del bisel del cuerpo y de la férula delantera, la férula trasera es empujada hacia dentro para formar el agarre o la sujeción sobre el tubo.
- g) Con un giro de la llave de una vuelta y cuarto (1 1/4) la tuerca se ha desplazado 1,6 mm (1/16 pulg.) hacia delante. Con este movimiento de 1,6 mm (1/16 pulg.) se ha completado la secuencia de cierre y sujeción.
- h) Una de las cualidades únicas de este probado diseño es la capacidad de cerrar y sujetar tubo de una amplia variedad de materiales, espesores de pared y durezas. Dado que la capacidad de agarre de la férula trasera la determina la resistencia del tubo a la acción de la

férula delantera, la sujeción es mucho más eficaz con el tubo de pared gruesa. Esta característica de diseño es importante, porque el tubo de pared gruesa se utiliza normalmente en sistemas de alta presión o sometidos a otros esfuerzos no usuales como las vibraciones, la pulsación o los impactos. Por tanto, el racor Swagelok, por diseño, efectúa un agarre mucho más seguro sobre tubo de pared gruesa que sobre tubo de pared delgada, normalmente utilizado en servicios más moderados. (Figura 1-2).

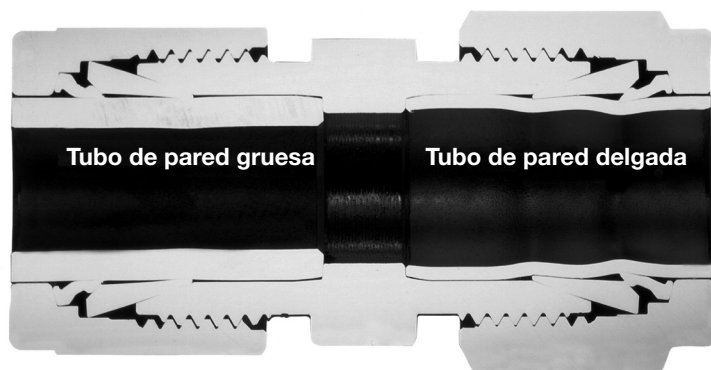


Figura 1-2 Acción compensada del racor Swagelok.

Factores de rendimiento mejorados: Los tres grandes factores de rendimiento

Sujeción del tubo

La geometría de contorno patentada de la férula trasera crea la acción de agarre mecánico que sujeta el tubo. La acción de flexión con collarín de sujeción™ permite que una mayor cantidad de material de la férula trasera esté en contacto más estrecho con el tubo adyacente al área de agarre. Este material extra proporciona un mayor soporte axial directo a la función de agarre y deformación del tubo.

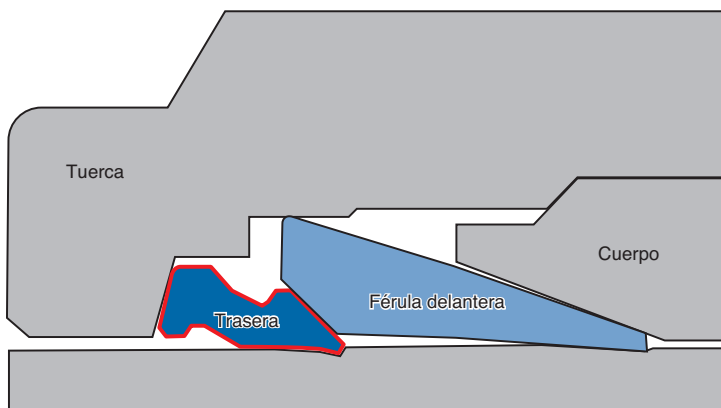


Figura 1-3 La acción de flexión y collarín de sujeción™ permite que haya más material de la férula trasera en un contacto más estrecho con el tubo adyacente al agarre del tubo.

Cierre en servicio de gas

El cierre en servicio de gas se crea mediante la acción de pulido producida por la férula delantera contra el cuerpo del racor y en el diámetro exterior del tubo. Esta acción de pulido se produce en las zonas concentradas de contacto tal y como se muestran en amarillo.

La férula trasera empuja a la férula delantera una distancia suficiente para lograr el cierre en gas. Una vez conseguido esto, la férula trasera ya no puede avanzar contra la férula delantera. El movimiento preciso y controlado de la férula trasera justo lo suficiente para garantizar un cierre estanco y sin fugas permite al racor Swagelok limitar el empuje y la deformación de la férula delantera.

A este movimiento controlado de nuestra férula trasera le denominamos acción compensada. Esta acción permite al racor compensar variables del tubo tales como materiales, dureza, espesor de pared y dimensiones, y lograr un cierre estanco y sin fugas.



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre el racor para tubo y el cierre en servicio de gas. www.swagelok.com/TFM

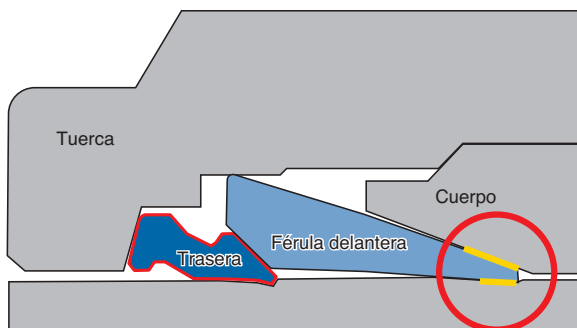


Figura 1-4 Cierre en gas entre la férula delantera y el tubo. La concentración de la zona pulida se muestra en amarillo.

Resistencia a la vibración

Para reducir los efectos del doblado, la deflexión y la vibración, la parte central de la férula trasera adyacente a la parte frontal que agarra el tubo, sujeta y aplica una tensión de compresión radial contra el tubo que aísla, amortigua y protege el punto de máxima tensión en la parte delantera de la férula trasera.

La acción elástica de las férulas delantera y trasera compensa los ciclos térmicos y los transitorios térmicos y mecánicos (cambios rápidos). La elasticidad de las férulas actúa y mantiene el cierre durante estas fluctuaciones. Este diseño tiene el punto de máxima tensión protegido por la geometría de contorno patentada de nuestra férula trasera, que reduce los efectos agresivos de la dinámica del sistema.

Materiales

Normativas de materiales

Material	Barra ^①	Forjados ^②	Indicador
Acero inoxidable 316	ASTM A276, ASME SA479, EN 1.4401/ 1.4404	ASTM A182. ASME SA182. EN 1.4401	SS
Aleación 400	ASTM B164	ASTM B564, ASME SB564	M
Aleación 600	ASTM B166, ASME SB166	ASTM B564, ASME B564	INC
Aleación 625	ASTM B446 ^③	ASTM B564, ASME SB564 ^④	625
Aleación 825	ASTM B425	ASTM B564, ASME B564	825
Aleación C-276	ASTM B574	ASTM B564	HC
6-Moly	ASTM A479	ASTM A182	6MO
Aluminio	ASTM B211	ASTM B247	A
Latón	ASTM B16, ASTM B453	ASTM B283	B
Acero al carbono	ASTM A108	—	S
PFA ^⑤	—	ASTM D3307 Type I	PFA
PTFE	ASTM D1710	ASTM D3294	T
Aleación 2507 ^⑥	ASTM A479	ASTM A182	2507
Titanio (calidad 4)	ASTM B348	ASTM B381	TI

① Racores rectos y adaptadores a tubo.

② Codos, cruces y tes.

③ Todos los racores rectos y adaptadores a tubo y los codos, cruces y tes de 6 y 10 mm; 1/4 y 3/8 pulg.

④ Codos, cruces y tes de más de 10 mm y 3/8 pulg.

⑤ Consulte el catálogo *Accesorios de PFA*, [MS-01-05ES](#).

⑥ Consulte el catálogo *Swagelok Racores galgables de aleación 2507 Súper Dúplex*, [MS-01-174](#).

Otros procesos

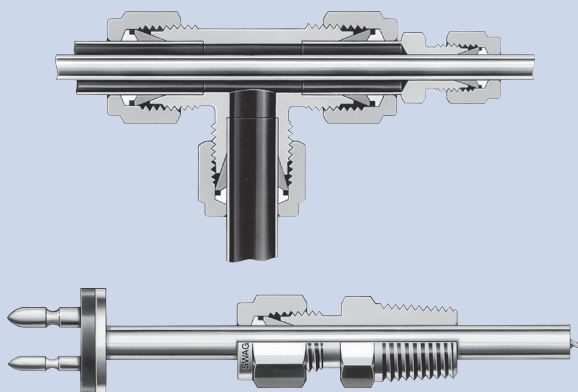
Los cuerpos de los racores se procesan para mejorar el rendimiento según se muestra a continuación. La aleación 625, aleación 825, el latón, el acero inoxidable 316, el acero inoxidable 6-Moly y el PTFE no necesitan ningún proceso adicional.

Material del cuerpo del racor	Proceso
Aluminio	Anodizado, película de hidrocarburo
Aleación 400, aleación C-276, aleación 600	Película de hidrocarburo
Acero al carbono (excepto los cuerpos para soldar)	Recubierto de zinc
Acero al carbono (cuerpos para soldar)	Recubrimiento de película de hidrocarburo con conversión química
Titanio	Anodizado

- Los racores de más de 25 mm / 1 pulg. se entregan con una bolsa de lubricante de PTFE con base fluorada y disulfuro de tungsteno para lubricarlos durante la instalación.
- Los racores de acero inoxidable de más de más de 25 mm / 1 pulg. utilizan férulas de acero inoxidable recubiertas de PFA. Las aplicaciones a temperaturas superiores a 232°C (450°F) **requieren** férulas delanteras recubiertas de plata y férulas traseras sin recubrimiento. Para pedir racores con férulas delanteras recubiertas de plata y férulas traseras sin recubrimiento, añada **BM** a la referencia.
Ejemplo: SS-2400-6**BM**
- Todos los racores Swagelok de acero al carbono se entregan con férulas traseras de acero inoxidable 316.

Racores Swagelok taladrados

Durante muchos años los racores Swagelok se han utilizado satisfactoriamente para introducir termopares y otros tipos de sondas en sistemas de tubería. Hay una diferencia física entre un racor taladrado y un racor estándar. En los racores taladrados se elimina el asiento del racor Swagelok, y por tanto las férulas no encontrarán la misma resistencia que cuando el tubo se introduce hasta el fondo contra el asiento del racor.



Los conectores macho Swagelok taladrados adaptan termopares o tubos de derrame. La mayoría de los conectores macho están disponibles taladrados, excepto aquellos cuya conexión final roscada es pequeña en relación a la conexión para tubo—como por ejemplo el **-600-1-2** o **-8M0-1-2RT**—que no se pueden taladrar.

Los reductores Swagelok taladrados y las tes Swagelok estándar se pueden utilizar para construir tes para intercambiadores de calor.

Para pedir racores taladrados, añada **BT** a la referencia.

Ejemplo: **SS-400-1-4BT**

Los racores taladrados tienen una presión de servicio reducida.

Figura 1-5 Racores taladrados para termopares, tubos de derrame y tes para intercambiadores de calor.

El efecto más obvio es que la presión de servicio se ve reducida. De modo genérico hemos multiplicado la presión de servicio admisible del tubo según la Hoja de Datos de Tubo por los siguientes factores:

Tamaño (mm)	Tamaño (pulg.)	Factor
Hasta 12 mm	Hasta 1/2 pulg.	0,75
Más de 12 mm hasta 18 mm	Más de 1/2 pulg. hasta 3/4 pulg.	0,50
Más de 18 mm	Más de 3/4 pulg.	0,25

Se debe observar todo el resto de requisitos para una correcta instalación de los racores Swagelok cuando son taladrados:

- Material adecuado del tubo
- Dureza y espesor de pared
- Apriete correcto
- Limitaciones de temperatura

En primer lugar, para tamaños de 4 mm e inferiores (1/16 y 1/8 pulg.), siempre apriete la tuerca hasta que el tubo no gire a mano o se mueva axialmente en el racor, y después siga el procedimiento de instalación adecuado.

Debido a que muchas aplicaciones de racores taladrados incluyen termopares con diferentes materiales de relleno, el usuario debe verificar la compatibilidad del termopar con el racor Swagelok.

En el caso de los racores de más de 25 mm / 1 pulg., se introduce el tubo por el cuerpo del racor, y el apriete se hace con llaves y se verifica con la galga de inspección de la Unidad Hidráulica de Deformación con Matrices Intercambiables (MHSU).

La selección perfecta de los racores para tubo

Diseño

- El racor debe ser un dispositivo de sujeción y cierre en fase secuencial controlada compuesto por cuatro componentes—el cuerpo, la férula delantera, la férula trasera y la tuerca—fabricados por un solo fabricante y diseñados para trabajar en un amplio rango de condiciones de sistemas.
- La férula trasera debe tener un tratamiento de endurecimiento superficial normalizado. El endurecimiento superficial debe ser por carburización a baja temperatura para evitar la formación de carburos. El procedimiento seguido debe ser revelado y auditable.
- No debe tener topes mecanizados en las férulas. El ensamblaje de las piezas debe permitir el movimiento de las férulas durante la instalación. Los componentes del racor deben estar diseñados para permitir el adecuado movimiento en fase secuencial controlado durante el apriete. Tras la instalación correcta, el racor debe poder desmontarse y reutilizarse produciendo un cierre sin fugas.
- La férula trasera deberá sujetar el tubo con una acción de flexión con collarín de sujeción. Esta acción de sujeción radial de la férula trasera debe sujetar el tubo en un punto adyacente y fuera del lugar de deformación para aumentar la resistencia a la vibración.
- La acción de flexión con collarín de sujeción provocará que la parte anterior de la férula trasera presione el tubo, mientras que la parte posterior de ésta no está en contacto con la superficie del tubo. La férula trasera no debe inclinarse durante la instalación.

- Las dos funciones de cierre y sujeción del racor deben generar una acción compensada entre las férulas para adaptarse a los rangos admisibles de espesor de pared, diámetro y dureza del tubo. Por ejemplo, con tubo de pared delgada, la férula trasera sujetará la pared del tubo con un grado de indentación menor que el necesario para el tubo de pared gruesa. La férula delantera avanzará más por el cono del cuerpo creando un cierre mediante la acción de pulido en mayor grado que el necesario con el tubo de pared gruesa.
- El acero inoxidable, material con el que se fabrican los cuerpos y componentes de los racores, debe tener una restricción en el contenido mínimo de cromo del 17,0%, el contenido mínimo de níquel del 12,0% para mejorar la resistencia a la corrosión, y el contenido máximo de carbono del 0,05% para mejorar la resistencia a la corrosión durante la soldadura.
- La tuerca del racor debe ser internamente recubierta de plata de alta pureza para eliminar el gripado durante la instalación.

Rendimiento

- El racor para tubo debe producir un cierre sin fugas en servicio de presión positiva y de vacío.
- El fabricante del racor especificará los rangos admisibles de espesor de pared, diámetro y dureza del material del tubo.
- El racor funcionará bajo la normativa ASTM para tubo de acero inoxidable totalmente recocido y según ASTM A269 o A213.
- El racor deberá contener la presión hasta un mínimo de cuatro veces (4×) la presión de servicio del tubo sin rotura del material del racor adecuadamente instalado.

Instalación

- El fabricante debería ofrecer una gran variedad de herramientas para la instalación de los racores.
- El fabricante suministrará instrucciones claras para la instalación de los racores.
- El racor no transmitirá giro o torsión al tubo durante la instalación inicial ni los subsiguientes ensamblajes de la conexión.
- La instalación del racor se debería llevar a cabo mediante geometría o avance axial definido de la tuerca.
- No debe ser necesario desmontar el racor para inspeccionarlo tras la instalación.

Garantía de calidad

- Todos los componentes metálicos del racor deben ser estampados identificando al fabricante y el material.
- Todos los racores para tubo tendrán un cuerpo galgable para comprobar si el apriete es suficiente en la instalación inicial. El cuerpo galgable deberá permitir la inserción de una galga de inspección entre el hexágono de la tuerca y el hexágono del cuerpo. De forma consistente, la galga de inspección no pasará entre los hexágonos de la tuerca y el cuerpo de un racor suficientemente apretado en la instalación inicial.
- El fabricante de los racores deberá estar certificado para producir racores bajo el Programa N Stamp acreditado por ASME.
- El fabricante de los racores deberá tener un programa de Control Estadístico de Calidad con un límite de aceptación de calidad (AQL por sus siglas en inglés) de 1,5.

Nota: Puede ampliar la información en *Zero Acceptance Number Sampling Plans*, 5ª edición, escrito por N.L. Squiglia, y publicado por ASQ Press.

- El fabricante de los racores para tubo debe estar comprometido con el Control Estadístico de Procesos para la fabricación de todas las dimensiones críticas.
- Los racores serán suministrados a través de la red de distribución del fabricante, apoyada y formada por él mismo.
- Ningún componente de cualquier otro fabricante será intercambiado o mezclado con ninguno de los cuatro componentes (cuerpo, tuerca, férula delantera y férula trasera) del racor.

Por qué son importantes las tolerancias estrictas

El racor Swagelok consiste en cuatro componentes, como se muestra aquí. En la práctica real hay un quinto componente, que es el tubo. Algunas organizaciones publican los datos de tolerancias, y de forma notable ASTM en los Estados Unidos. En general, Swagelok ha encontrado que las especificaciones internacionales siguen las mismas directrices aproximadas publicadas por la normativa ASTM.

Las tolerancias publicadas para el tubo, en parte controlan las tolerancias de los racores para tubo. Por ejemplo, una variable común sobre el diámetro exterior (OD) del tubo en ASTM A269 para tubo de 1/2 pulg. OD de acero inoxidable, es de $\pm 0,005$ pulg. Por lo tanto, el OD del tubo puede variar desde 0,495 pulg. hasta 0,505 pulg. Obviamente, el orificio de la tuerca, férulas y cuerpo debe ser lo suficientemente grande como para aceptar el tubo. Sobre esta normativa nosotros debemos mantener las tolerancias de orificio más estrictas posible. Y al mismo tiempo y sin embargo, el sistema de férulas debe contar con el hecho de que el OD del tubo puede ser de tan



Figura 1-6 Racor Swagelok: cuatro componentes.

solo 0,495 pulg. Por tanto es esencial un control de calidad muy estricto para absorber la considerable variación en el OD del tubo.

Además de las tolerancias en el OD, están las tolerancias en el espesor de pared, la ovalización y la dureza del tubo. Todas estas variables deben ser superadas en solo una vuelta y cuarto (1 1/4) de la tuerca.

Eso significa que debemos mantener nuestras tolerancias dentro de un margen extremadamente estrecho. Se nos ha dicho que nuestra calidad es “demasiado buena” para algunas aplicaciones. Nosotros seguimos diciendo que “Nunca es demasiado buena” y estamos buscando constantemente la manera de mejorarla.

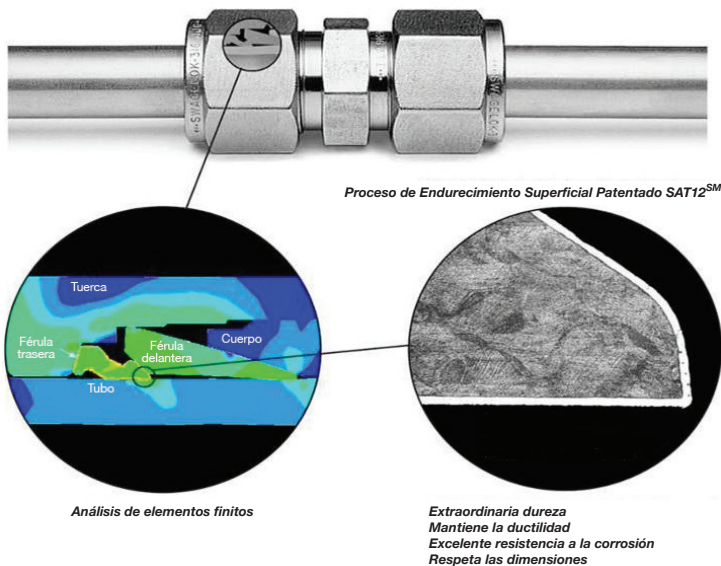


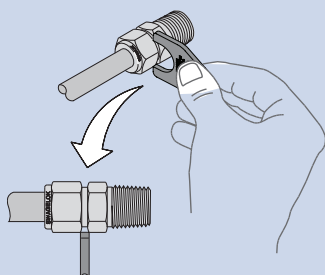
Figura 1-7 Proceso de endurecimiento superficial patentado SAT12.

Galgabilidad

Los racores Swagelok están desarrollados con un control tan estricto sobre todas las variables, que se puede utilizar una galga de inspección para asegurar el adecuado apriete cuando los racores se instalan por primera vez.

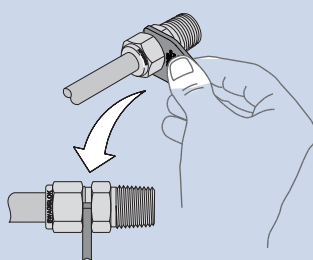
En la instalación inicial, la galga de inspección Swagelok asegura al instalador o al inspector que los racores están suficientemente apretados.

Sitúe la galga de inspección Swagelok frente al espacio entre la tuerca y el cuerpo.



Correcto

Si la galga **no** pasa, el **racor está** suficientemente apretado.



Incorrecto

Si la galga **pasa**, es **necesario** un apriete adicional.

Figura 1-8 Asegurar el adecuado apriete con la galga de inspección Swagelok.

Mezcla e intercambio de los componentes de los racores para tubo

Durante años, muchos fabricantes han asegurado que sus productos son intercambiables y se pueden mezclar con los racores Swagelok.

Swagelok recomienda no mezclar/intercambiar los componentes Swagelok con los de otros fabricantes.

- No existe ninguna norma de diseño industrial sobre los racores para tubo de dos férulas. Cada empresa fabrica sus componentes según sus propias normas de diseño, y no según ninguna normativa aceptada.
- La mezcla e intercambio de componentes de racores puede tener un rendimiento impredecible, provocar emisiones medioambientales, puede incrementar los costes y puede ser peligrosa en aplicaciones críticas.

Capítulo 2

Tubo: Especificación y Pedido

Tabla de Contenidos

Especificación y pedido de tubo	
Observaciones generales y sugerencias	18
Tubo para servicio de gas	19
Selección y especificación de tubo metálico	20
Especificar requisitos en el pedido de compra del tubo	22
Información de pedido sugerida por material	23
Tubo de plástico	25
Normativas de tubo	28

Especificación y pedido del tubo

Observaciones generales y sugerencias

La selección, especificación, compra y manipulación cuidadosas del tubo son esenciales para el uso satisfactorio de los racores Swagelok.

Hay muchas reglas generales aplicables:

- El tubo metálico debe ser siempre más blando que el material del racor. Por ejemplo, el tubo de acero inoxidable nunca debe usarse con racores de latón.
- Si el tubo y los racores son del mismo material, el tubo debe ser totalmente recocido. El tubo de tipo mecánico, estructural u ornamental nunca debe usarse en sistemas de fluidos.
- Las instalaciones con tubo muy blando o flexible como el de Tygon® o PVC deben siempre utilizar manguitos de refuerzo interior. Los cierres en el diámetro exterior (OD) del tubo requieren cierto grado de resistencia para efectuar un cierre estanco.
- Siempre debe comprobarse el espesor de pared teniendo en cuenta las limitaciones mínimas y máximas de los espesores de pared sugeridos por Swagelok. No se recomienda utilizar los racores Swagelok con tubo de espesores de pared fuera de los rangos indicados en las siguientes tablas para cada tamaño. Una pared demasiado delgada cederá a la acción de las férulas y no ofrecerá la resistencia necesaria para pulir los defectos de la superficie exterior. Una pared de espesor de pared mayor que el máximo sugerido no incrementa la presión de servicio admisible.
- El acabado superficial del tubo es muy importante para conseguir un cierre correcto. El tubo con estampados profundos (como el tubo de cobre para agua); con la costura de soldadura visible en el OD; con áreas planas, arañazos o señales del estirado puede no sellar adecuadamente con los racores que cierran sobre el diámetro exterior del tubo.
- El tubo ovalado que no entre fácilmente a través de la tuerca, férulas y cuerpo, nunca debe forzarse para introducirlo en el racor. Si se introduce el tubo forzándolo se arañará la superficie de mayor diámetro dificultando el cierre.
- El tubo laminado o con varias paredes como la manguera con malla en general no debe utilizarse con los racores Swagelok. Dado que el racor Swagelok cierra en el OD del tubo, el fluido del sistema podría fugar introduciéndose entre las capas de la manguera o el tubo y crear “ampollas” y posibles roturas de la pared.

Tubo para servicio de gas

Los gases como el aire, hidrógeno, helio y nitrógeno tienen moléculas muy pequeñas que pueden escapar incluso por la más mínima ranura. Y algunos de los defectos de la superficie del tubo pueden ser esa mínima ranura.

Cuanto mayor es el OD, mayor es la probabilidad de arañazos u otros defectos superficiales. Para obtener los mejores resultados al conectar sistemas de gases se deben seguir atentamente todas las instrucciones de instalación, y seleccionar el tubo de mayor espesor de pared sugerido en las tablas mostradas a continuación.

El tubo de pared gruesa ofrece más resistencia a la acción de las férulas que el de pared delgada, lo cual favorece que las férulas eliminen las pequeñas imperfecciones superficiales. Por el contrario, el tubo de pared delgada ofrece menor resistencia y no permite que las férulas eliminen los defectos superficiales.

Para obtener el mayor factor de seguridad contra defectos superficiales en cualquier sistema de gas, utilice tubo con espesor de pared no inferior al indicado en las tablas siguientes.

Tamaños fraccionales, en pulgadas.

Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo	Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo
1/8	0,028	3/4	0,065
3/16	0,028	7/8	0,083
1/4	0,028	1	0,083
5/16	0,035	1 1/4	0,109
3/8	0,035	1 1/2	0,134
1/2	0,049	2	0,180
5/8	0,065	×	×

Tamaños métricos, en milímetros

Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo	Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo
3	0,8	18	1,5
6	0,8	20	1,8
8	1,0	22	2,0
10	1,0	25	2,2
12	1,0	28	2,5
14	1,2	30	3,0
15	1,5	32	3,0
16	1,5	38	3,5

Selección y especificación de tubo metálico



Para ampliar la información sobre el tubo, consulte el catálogo Swagelok Datos de tubo, ([MS-01-107ES](http://www.swagelok.com/TFM)). www.swagelok.com/TFM

Al utilizar racores Swagelok, es importante tener en cuenta que el funcionamiento del racor puede verse muy comprometido si el tubo es de baja calidad. El racor Swagelok consiste en cuatro componentes como se muestra aquí. Siempre se entrega completamente inspeccionado y ensamblado.

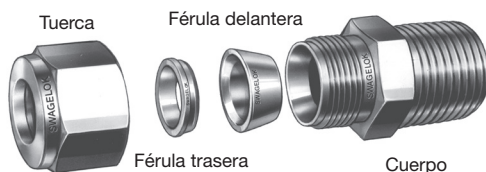


Figura 2-1 Racor Swagelok: Cuatro componentes.

Cuando se seleccionan racores y tubo para un sistema de fluidos, el tubo se considera el quinto e importante componente.

Pero a pesar de su importancia, a menudo se deja como la opción de última hora. Es ineficaz utilizar tubo de baja calidad en el diseño de un sistema de fluidos crítico.

Comprar tubo ASTM o equivalente es un paso inicial hacia el tubo de calidad. Pero solo es eso, porque la mayoría de especificaciones de este tipo permiten variaciones más bien grandes en bastantes factores importantes. Por ejemplo:

- ASTM A269, una especificación de tubo de acero inoxidable muy común, remite al apartado ASTM A1016, Requisitos Generales, donde dice lo siguiente:

13. Estirado y acabado

13.1 Los tubos acabados deberán ser razonablemente rectos y tener extremos lisos sin rebabas. Deben tener un buen acabado. Las imperfecciones superficiales (Nota 1) pueden eliminarse esmerilando, con tal de que se mantenga una superficie curva suave y el espesor de la pared no se disminuya por debajo de lo permitido por esta especificación o por la especificación del producto. El diámetro exterior en el punto del esmerilado puede ser reducido en la cantidad eliminada. Nota 1—Una imperfección es cualquier discontinuidad o irregularidad encontrada en el tubo.

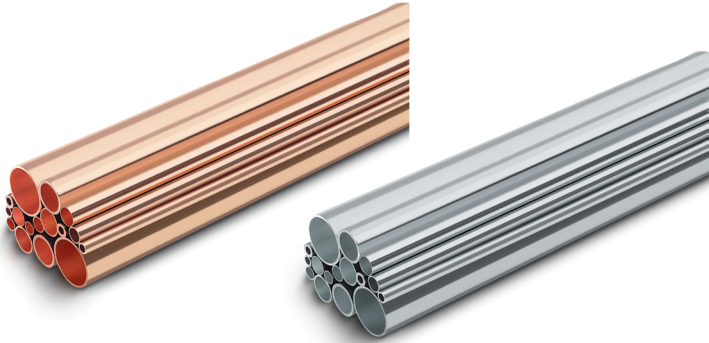


Figura 2-2 Quinto componente: Tubo de calidad.

- ASTM A269 permite que la *ovalidad* del tubo sea de dos veces la tolerancia del diámetro exterior de $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.) o $\pm 0,254$ mm (0,010 pulg.) para tubo de pared delgada.

Sin embargo, hay una ausencia de normativa en las especificaciones ¿Qué o quién define un *buen* acabado? ¿Cuál debe ser la profundidad o la planicidad del esmerilado? En la segunda especificación, si la ovalidad fuese de $\pm 0,254$ mm (0,010 pulg.) (12,954 mm (0,51 pulg.) por 12,446 mm (0,490 pulg.) para tubo de 12,7 mm [1/2 pulg.] OD), el tubo ni tan siquiera encajaría en la mayoría de los racores.

Por lo tanto, el mero uso de las especificaciones ASTM no significa realmente que se obtenga un tubo de calidad. La calidad del tubo depende de la integridad y la preocupación por la calidad del proveedor de tubo.

Para asegurar la correcta selección de tubo lo suficientemente bueno como para trabajar adecuadamente con los racores de precisión Swagelok, sugerimos que se consideren las siguientes variables.

- Material del tubo y método de fabricación
- Espesor de la pared y diámetro exterior
- Acabado superficial
- Dureza
- Concentricidad
- Ovalidad

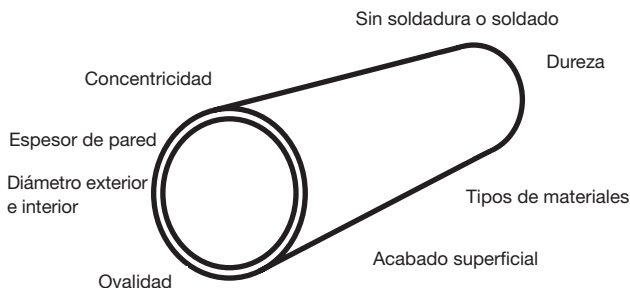


Figura 2-3 Variables del tubo a tener en cuenta para seleccionarlo.

Especificar requisitos en el pedido de compra del tubo

El usuario también puede especificar ciertos requisitos para un pedido de tubo, particularmente en compras importantes, sin coste. Los requisitos pueden ser considerablemente más estrictos que los permitidos por las especificaciones ASTM. Por ejemplo, Restricción de tolerancias en el OD: Las especificaciones típicas para tubo ASTM mostradas aquí permiten algunas tolerancias en más y en menos. Algunos usuarios no aceptarán tubo con una tolerancia en *menos* porque es más difícil cerrar el tubo por debajo de medida. Por ejemplo, para tubo de 3,175 mm (1/8 pulg.) y menor, sugerimos una restricción de $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.). Vea la Figura 2-5, Tolerancia ASTM—OD del tubo, en la página 27.

Restricción de tolerancias en el acabado superficial

Como hemos mencionado anteriormente, las especificaciones ASTM son ambiguas y poco claras en cuanto a los acabados. En particular, cuando se especifica tubo de acero inoxidable soldado y estirado, si la soldadura o la eliminación del cordón de soldadura son de baja calidad se pueden producir problemas en el cierre al ensamblarlo a un racor.

- Las soldaduras pobres producen normalmente una depresión visible (concavidad) que las férulas no pueden cerrar.
- La eliminación defectuosa del cordón de soldadura puede resultar en una elevación o en un punto plano en la soldadura.

Cualquiera de estas condiciones pueden dar fugas como resultado al instalar racores para tubo sin abocardado.

Una regla a tener en cuenta que se puede incorporar a las especificaciones de tubo soldado, es:

“El cordón de soldadura en el OD del tubo no debe ser visible a simple vista.” Localice la costura de la soldadura en el diámetro interior del tubo. E inspeccione entonces el OD en ese punto. Si el tubo es de alta calidad, no se debe poder ver el cordón de soldadura en el OD.

Por favor, vea el Capítulo 5, Solución de problemas, página 152, Problema #5.

Restricciones de dureza:

Todos los racores para tubo sin abocardar requieren que el material del tubo sea más blando que el del racor. Para describir la dureza del tubo se usan varios términos. En general, el tubo metálico debe estar completamente recocido para trabajar correctamente con los racores Swagelok. La mayor parte del tubo de acero inoxidable tiene una restricción en la dureza Rockwell de 90 HRB.

Información de pedido sugerida por material

Las siguientes son especificaciones sugeridas para pedir tubo de la mejor calidad e instalar sistemas de tubo sin fugas.

Tubo de aluminio: Tubo de aleación de aluminio estirado, de alta calidad, sin soldadura, ASTM B210 (Tipo 6061-T6) o equivalente.

Tubo de acero al carbono: Tubo hidráulico de acero al carbono de alta calidad, recocido blando y sin soldadura, ASTM A179 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 130 HV o 72 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. Otras especificaciones aceptables: ASTM A161, ASTM A556 calidad A2, ASME SA179, AMS 5050, y SAE J524b.

Tubo de cobre: Tubo de cobre de alta calidad recocido blando y sin soldadura, ASTM B75 y EN 1057 o equivalente. También, tubo de cobre para agua recocido blando (Temple O) tipo K o tipo L según ASTM B88. Si se va a utilizar tubo de cobre para agua ASTM B88, se debe pedir sin estampado en el OD. El bajo relieve del estampado interfiere con la acción de las férulas. Incluso las zonas que no tienen estampado están a veces aplanadas por el efecto de las matrices.

Tubo de acero inoxidable: Tubo hidráulico de acero inoxidable totalmente recocido, de alta calidad (304, 304/304L, 316, 316/316L, 317, 317/317L) (sin soldadura o soldado y estirado) ASTM A269 o A213, A632, EN ISO 1127 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 200 HV o 90 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg) para tubo de 1,6 mm (1/16 pulg.) y 3,2 mm (1/8 pulg.) OD. Las aleaciones con doble certificación, como el 304/304L, 316/316L y el 317/317L cumplen los mínimos en cuanto a composición química y propiedades mecánicas de las dos aleaciones.

Nota: Algunos tubos de acero inoxidable austenítico tienen una tolerancia de ovalidad admisible que es el doble de la tolerancia del diámetro exterior, y pueden no encajar en los racores Swagelok.

Tubo de aleación 400: Tubo hidráulico de aleación 400 totalmente recocido de alta calidad, sin soldadura, ASTM B165 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 137 HV o 75 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las

superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.); para tubo de 1,6 mm (1/16 pulg.) y 3,2 mm (1/8 pulg.) OD, la tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.).

Tubo de aleación 600: Tubo de aleación 600 totalmente recocido de alta calidad sin soldadura y estirado en frío, temple 1, ASTM B167 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 198 HV o 92 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. Se debe pedir según la especificación de diámetro exterior y de espesor de la pared solamente, no según el diámetro interior, y especificación de pared promedio. La tolerancia del diámetro exterior no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.).

Tubo de aleación 625: Tubo de aleación 625 totalmente recocido sin soldadura, de alta calidad, ASTM B444 calidad 1 ó 2 ó equivalente. La dureza no debe ser superior a 266 HV o 25 HRC. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar.

Tubo de aleación C-276: Tubo de aleación C-276 totalmente recocido, de alta calidad, ASTM B622 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 248 HV o 100 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. La tolerancia del diámetro exterior no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.).

Tubo de titanio: Tubo de Titanio calidad 2 totalmente recocido sin soldadura o soldado y estirado, de alta calidad, ASTM B338 o equivalente. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar. La tolerancia del diámetro exterior no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.).

Tubo de aleación 2507 Súper Dúplex: Tubo de alta calidad súper dúplex 2507 totalmente recocido, ASTM A789 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 32 HRC. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar.

Tubo de aleación 825: Tubo de aleación 825 totalmente recocido sin soldadura, de alta calidad, ASTM B163, ASTM B423 o equivalente. Tubo de aleación 825 totalmente recocido y soldado ASTM B704, clase 1 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 201 HV o 201 HR15T90. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. La tolerancia del diámetro exterior no debe ser superior al ± 10 %.

Tubo de aleación 254: Tubo hidráulico de aleación 254 totalmente recocido sin soldadura o soldado y estirado, de alta calidad, ASTM A269, ASTM A213 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 96 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar.

Tubo de plástico

Hay tubo de plástico de muchos tipos diferentes para utilizar en una amplia diversidad de aplicaciones de fluidos. A continuación se listan los más comunes, con ciertas características y limitaciones e información de pedido sugerida.

Tubo de nilón: El tubo de nilón es resistente y está disponible fácilmente para una gran variedad de sistemas de tubo a baja presión. Los usos típicos son en sistemas hidráulicos a baja presión, de suministro de aire en planta o sistemas de tubo de laboratorio. Debido a su flexibilidad y resistencia a la abrasión, se utiliza frecuentemente para líneas de aire de instrumentación, lubricación, bebidas y combustible. Los tamaños más comunes son de 1/8 pulg. OD a 1/2 pulg. OD. Normalmente se clasifica según la presión momentánea de rotura, entre 68 y 172 bar (1000 y 2500 psig). La presión de servicio generalmente es de 17 a 43 bar (250 a 625 psig) con un factor de seguridad de 4:1. La temperatura de servicio es de 24 a 74°C (75 a 165°F).

Para servicio a la presión máxima del nilón se pueden utilizar los racores Swagelok metálicos.

Información de pedido sugerida: La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.) del OD nominal para tubo de 4,76 mm (3/16 pulg.) a 12,7 mm (1/2 pulg.) y no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.) para tubo de 3,2 mm (1/8 pulg.) OD.

Tubo de polietileno: Este tubo flexible de bajo coste se usa ampliamente en laboratorios, líneas de instrumentación y otras aplicaciones. Es más flexible que el nilón pero no tan resistente a la abrasión. Es generalmente muy resistente a la corrosión, y por tanto muy adecuado para sistemas de aire en ambientes corrosivos.

Se clasifica por la presión de rotura desde 17 a 34 bar (250 a 500 psig), y la presión de servicio es de 4 a 9 bar (60 a 125 psig) con un factor de seguridad de 4:1. Generalmente la temperatura máxima de servicio es de 60°C (140°F).

Para servicio a la presión máxima del polietileno se pueden utilizar los racores Swagelok metálicos. No es necesario manguito de refuerzo interior, si el OD del tubo no es mayor que 12,7 mm (1/2 pulg.)

Información de pedido sugerida: La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.) del OD nominal para tubo de 4,76 mm (3/16 pulg.) a 12,7 mm (1/2 pulg.) y no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.) para tubo de 3,2 mm (1/8 pulg.) OD.

Tubo de polipropileno: Un excelente tubo flexible mucho más resistente que el de polietileno. Se clasifica por la presión de rotura desde 110 a 165 bar (1600 a 2400 psig), y la presión de servicio es de 28 a 41 bar (400 a 600 psig) con un factor de seguridad de 4:1. Tiene muy buenas características térmicas y está generalmente clasificado para una temperatura máxima de 121°C (250°F).

Los racores Swagelok metálicos se pueden utilizar satisfactoriamente con el tubo de polipropileno.

Información de pedido sugerida: La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.) del OD nominal para tubo de 4,76 mm (3/16 pulg.) a 12,7 mm (1/2 pulg.) y no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.) para tubo de 3,2 mm (1/8 pulg.) OD.

Tubo de PFA y de PTFE: Este resistente tubo se utiliza en una amplia variedad de sistemas de fluidos. Tiene excelentes propiedades de resistencia a la corrosión. Y también de temperatura, hasta 204°C (400°F). Con el tubo de PTFE o de PFA se pueden utilizar los racores Swagelok metálicos. Cuando se utilizan racores de PTFE con tubo de PTFE, hay muy poca capacidad de agarre debido al bajo coeficiente de fricción entre ambos. Sin embargo, los racores Swagelok de PFA utilizados con tubo de PFA Swagelok (y ranurados con la herramienta de ranuración Swagelok) soportarán toda la presión de servicio del tubo. Para ampliar la información sobre la presión de servicio de esta combinación, consulte a su representante de Swagelok.

Información de pedido sugerida: La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.) del OD nominal para tubo de 4,76 mm (3/16 pulg.) a 12,7 mm (1/2 pulg.) y no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.) para tubo de 3,2 mm (1/8 pulg.) OD.

- Racores de PTFE con tubo de PTFE.
- Férulas de PTFE con tubo de acero inoxidable o de plástico y cuerpo y tuerca de acero inoxidable.
- Férulas de nilón con tubo de acero inoxidable o de plástico y cuerpo y tuerca de acero inoxidable.

OD del Tubo pulg.	Presión de Servicio Admisible Sugerida (psig)
1/8	35
1/4	25
3/8	25
1/2	15
5/8	10
3/4	5
1	5

Tubo de PVC blando: Este tubo se utiliza por su flexibilidad y resistencia a la corrosión en muchas aplicaciones de laboratorio, médicas, de alimentación y farmacéuticas. Normalmente está clasificado para 74°C (165°F). Cuando se utiliza con racores Swagelok metálicos o plásticos, se debe usar un manguito de refuerzo interior dentado. El manguito soporta la pared del tubo desde el interior para que las férulas puedan sujetar y sellar el tubo. Con este tipo de tubo también se pueden utilizar los conectores Swagelok para manguera (vea el capítulo 6). También hay disponible tubo de PVC reforzado. Tiene una malla interior incrustada en la pared del tubo para aumentar la resistencia y la presión de servicio.



Figura 2-4 Manguito de refuerzo interior para tubo.

Los racores Swagelok **NO** se deben utilizar con el tubo de PVC blando reforzado porque se pueden producir fugas en el extremo del tubo y alrededor de la malla, hacia el interior del tubo. En estos casos se debe cerrar en el diámetro interior, y para ello se pueden utilizar los conectores Swagelok para manguera.

Información de pedido sugerida: La tolerancia del OD no debe ser superior a $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.) del OD nominal para tubo de 4,76 mm (3/16 pulg.) a 12,7 mm (1/2 pulg.) y no debe ser superior a $\pm 0,076$ mm (0,003 pulg.) para tubo de 3,2 mm (1/8 pulg.) OD.

Normativas de tubo

La siguiente lista muestra las especificaciones más habituales de tubo metálico para utilizar con los racores Swagelok.

Y en la siguiente tabla se muestran las tolerancias del diámetro exterior.

Ø ext. del tubo (pulg.)	Serie Swagelok	Equivalencia en decimales (pulg.)	Acero inoxidable		Acero al carbono ASTM A179	Cobre ASTM B75	Aluminio ASTM B210
			ASTM A213 y A249	ASTM A269			
1/16*	100	0,0625	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
1/8*	200	0,125	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
3/16	300	0,1875	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
1/4	400	0,250	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
5/16	500	0,3125	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
3/8	600	0,375	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
1/2	810	0,500	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,003 pulg.
5/8	1010	0,625	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,002 pulg.	±,004 pulg.
3/4	1210	0,750	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,0025 pulg.	±,004 pulg.
7/8	1410	0,875	±,004 pulg.	±,005 pulg.	±,004 pulg.	±,0025 pulg.	±,004 pulg.
1	1610	1,000	±,006 pulg.	±,005 pulg.	±,005 pulg.	±,0025 pulg.	±,004 pulg.
1 1/4	2000	1,250	±,006 pulg.	±,005 pulg.	±,006 pulg.		
1 1/2	2400	1,500	±,006 pulg.	±,010 pulg.	±,006 pulg.		
2	3200	2,000	±,010 pulg.	±,010 pulg.	±,010 pulg.		

Notas:

Algunos tubos de acero inoxidable austenítico tienen una tolerancia de ovalidad admisible que es el doble de la tolerancia del diámetro exterior. Un tubo tan ovalado puede no encajar en los racores de precisión Swagelok.

* ±0,003 pulg. es el máximo recomendado para el OD del tubo de 1/16 y 1/8 pulg. cuando se usa con los racores Swagelok

Figura 2-5 Tolerancia ASTM—OD del tubo.

Tubo de acero inoxidable	
ASTM A213 Tubo de acero de aleación austenítica y ferrítica sin soldadura, para calderas, sobrecalentadores e intercambiadores de calor.	Norma para la adquisición de tubo de acero inoxidable austenítico, sin soldadura, para uso general. Dureza máxima HRB 90. Las tolerancias del diámetro exterior están determinadas en ASTM A1016. Adecuado para uso con racores de acero inoxidable Swagelok.
ASTM A249 Tubo de acero austenítico soldado, para calderas, sobrecalentadores, intercambiadores de calor y condensadores.	Norma para la adquisición de tubo de acero inoxidable austenítico soldado, para uso general y de alta temperatura. Dureza máxima HRB 90. Las tolerancias del diámetro exterior están especificadas en ASTM A1016. Para que sea adecuado para usarlo con racores de acero inoxidable Swagelok es necesaria una pasada de laminado para armonizar el cordón de soldadura con el resto de la superficie lisa.
ASTM A269 Tubo de acero inoxidable austenítico sin soldadura y soldado para servicio general.	Norma para la adquisición de tubo de acero inoxidable austenítico sin soldadura o soldado, para uso general a baja o alta temperatura, resistente a la corrosión. Dureza máxima HRB 90. Se debe comprar acabado en frío y es adecuado para uso con racores Swagelok de acero inoxidable, en el estado de acabado en frío.
ASTM A1016 Requisitos generales para tubo de acero de aleación ferrítica y tubo de acero y de acero inoxidable de aleación austenítica.	Cubre los requisitos generales para tubo de acero y de acero inoxidable, soldado o sin soldadura. Muchos de sus requisitos son obligatorios en especificaciones como A213 y A249. Exceptuando A269, todas estas especificaciones utilizan la tolerancia del diámetro exterior indicadas en A1016. El tubo no se compra según ASTM A1016. Se compra según otras especificaciones que obtienen sus requisitos generales de A1016.
ASTM A632 Tubo de acero inoxidable austenítico sin soldadura o soldado (pequeño diámetro) para servicio general.	Cubre el tubo de acero inoxidable que se puede adquirir para servicio de pequeño diámetro, desde 1,27 mm (0,050 pulg.) a 12,7 mm (1/2 pulg.) OD. Los espesores de pared van desde 0,127 mm (0,005 pulg.) a 1,65 mm (0,065 pulg.). Puede ser sin soldadura o soldado y estirado. Se utiliza a menudo para los requisitos de tubo para instrumentos pequeños. Tiene tolerancias de diámetro exterior y de diámetro interior (ID) más estrictas (más 0,05 mm (0,002 pulg.) menos 0,00 mm (0,000 pulg.) OD, más 0,00 mm (0,000 pulg.) menos 0,05 mm (0,002 pulg.) ID.
Tubo de acero al carbono	
ASTM A161 Tubo de acero bajo en carbono y al carbono-molibdeno sin soldadura para uso en refineries.	Norma para la adquisición de tubo de acero al carbono sin soldadura estirado en frío para servicio a presión y temperatura elevadas. El contenido de carbono es del 0,10% al 0,20%. Dureza máxima HRB 70. Las tolerancias del diámetro exterior están determinadas en ASTM A450. Solo la variedad de tubo estirado en frío y bajo en carbono es satisfactoria para utilizar con los racores Swagelok de acero al carbono.

ASTM A179 Tubo de acero bajo en carbono sin soldadura, estirado en frío para intercambiadores de calor y condensadores.	Norma para la adquisición de tubo de acero al carbono sin soldadura y estirado en frío para servicio general. El contenido de carbono es del 0,06% al 0,18%. Dureza máxima HRB 72. Las tolerancias del diámetro exterior están determinadas en ASTM A450. Adecuado para uso con racores Swagelok de acero al carbono.
SAE J524b Tubo de acero bajo en carbono sin soldadura, recocido para doblar y abocardar.	Similar a A179, el contenido máximo de carbono es del 0,18%. Dureza máxima HRB 65. Los tamaños de 3/8 pulg. OD e inferiores con espesor de pared inferior a 0,065 pulg. no requieren prueba de dureza. Adecuado para uso con racores Swagelok de acero al carbono.
Tubo de cobre	
ASTM B68 Tubo de cobre sin soldadura recocido brillante.	Cubre el tubo de cobre sin soldadura recocido adecuado para frigoríficos, líneas de aceite, gasolina, etc., donde se requiere un tubo limpio, sin cascarilla o suciedad. Se debe especificar como "recocido blando", temple 060 para utilizarlo con los racores Swagelok de latón. Las tolerancias de espesor de pared y diámetro están especificadas en ASTM B251.
ASTM B75 Tubo de cobre sin soldadura.	Cubre el tubo de cobre sin soldadura para servicio general. Se debe especificar como recocido, temple 060 para utilizarlo con los racores Swagelok de latón. Las tolerancias de espesor de pared y diámetro están especificadas en ASTM B251.
ASTM B88 Tubo de cobre sin soldadura para sistemas de agua.	Cubre el tubo de cobre sin soldadura para sistemas de agua adecuado para fontanería en general. Se suministra en Tipo K, Tipo L y Tipo M. Tamaños de 3/8 a 12 1/8 pulg. OD (1/4 a 12 pulg. nominal). Se debe especificar siempre como recocido, temple 0 para utilizarlo con los racores Swagelok de latón. Las tolerancias del diámetro exterior y el espesor de pared están especificadas en ASTM B88, aunque las tolerancias del diámetro exterior siguen en general las directrices de ASTM B251. El Tipo K es de pared más gruesa, el Tipo L de pared intermedia y el Tipo M de pared muy delgada. El Tipo M solo está disponible normalmente en tramos rectos de temple duro, y tiene una pared demasiado delgada para poder utilizarlo con los racores Swagelok de latón. Los Tipos K y L están disponibles tanto en tramos rectos de 6 m (20 pies) como en bobinas de 18 m (60 pies) y recocido blando. Los Tipos K y L son en general adecuados para utilizarlos con los racores Swagelok de latón, pero el espesor de pared puede no ser suficiente para servicio de gas. NOTA: Se debe tener cuidado con el tubo marcado por estampado en el OD. La depresión del relieve de los caracteres puede interferir con el cierre adecuado de las férulas. Los tamaños del tubo para agua normalmente se refieren al OD "nominal", no al real, por lo que para utilizarlo con los racores Swagelok se debe concretar el tamaño real del OD.

ASTM B251 Requisitos generales par tubo de cobre y de aleación de cobre sin soldadura forjado.	Esta es la especificación general para tubo de cobre, que regula muchos de los requisitos de ASTM B68 y B75. Cubre las tolerancias del espesor de pared y del OD aplicables al tubo ASTM B68 y B75.
Tubo de otras aleaciones	
ASTM B210 Tubo de aleación de aluminio sin soldadura.	Cubre el tubo de aluminio sin soldadura estirado en tramos rectos y bobinas. Se sugiere el uso de la aleación 6061 con temple T4 y T6 indicada en nuestro catálogo Datos de tubo. Para utilizar racores Swagelok con otras aleaciones de aluminio, consulte a su representante de Swagelok.
Aleación 400 ASTM B165 Tubo y tubería de aleación de cobre-níquel sin soldadura (UNS N04400).	Cubre el tubo de aleación 400 sin soldadura. Para utilizarlo con los racores Swagelok de aleación 400 debe especificarse "recocido". Dureza máxima HRB 75 (recocido). La tolerancia del OD en tamaños hasta 5/8 pulg. OD es $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.). El tubo de más de 5/8 pulg. OD admite una tolerancia de $\pm 0,19$ mm (0,0075 pulg.), por lo que para obtener los mejores resultados con los racores Swagelok de aleación 400/405 se debe pedir el tubo con una tolerancia especial de $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.).
Aleación 600 ASTM B167 Tubo y tubería de aleación de hierro-cromo-níquel sin soldadura (UNS N06600).	Cubre el tubo de aleación 600. Para utilizarlo con los racores Swagelok de aleación 600 se debe especificar siempre "recocido estirado en frío". Dureza máxima HRB 92. La tolerancia del OD en tamaños hasta 5/8 pulg. OD es $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.). El tubo de más de 5/8 pulg. OD admite una tolerancia de $\pm 0,19$ mm (0,0075 pulg.), por lo que para obtener los mejores resultados con los racores Swagelok de aleación 600 se debe pedir el tubo con una tolerancia especial de $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.).
Titanio ASTM B338 Tubo de titanio y de aleación de titanio sin soldadura y soldado para condensadores e intercambiadores de calor.	Cubre el tubo de titanio que se puede utilizar con los racores Swagelok de titanio. Los racores Swagelok están fabricados de titanio Calidad 4. El tubo debe pedirse de Calidad 2 para funcionar adecuadamente con los racores Swagelok de titanio. El titanio Calidad 2 tiene una pureza aproximada del 98,75%.
Aleación C-276 ASTM B622 Tubo y tubería de aleación de níquel sin soldadura (UNS N10276 o UNS N10665).	Cubre varias aleaciones de níquel, y en particular el tubo de aleación C-276 que debe utilizarse con los racores Swagelok de aleación C-276. La tolerancia del OD en tamaños hasta 5/8 pulg. OD es $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.). El tubo de más de 5/8 pulg. OD admite una tolerancia de $\pm 0,19$ mm (0,0075 pulg.), por lo que para obtener los mejores resultados con los racores Swagelok de aleación C-276 se debe pedir el tubo con una tolerancia especial de $\pm 0,127$ mm (0,005 pulg.).

Aleación 2507 Súper Dúplex ASTM A789 Tubo de acero inoxidable ferrítico/austenítico sin soldadura o soldado para servicio general.	Cubre el tubo de aleación 2507 Súper Dúplex totalmente recocido que se debe utilizar con los racores Swagelok aleación 2507 Súper Dúplex. La dureza no debe ser superior a 32 HRC. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar.
Aleación 825 ASTM B163 Tubo de níquel y de aleación de níquel sin soldadura para condensadores e intercambiadores de calor.	Cubre el tubo de aleación 825 totalmente recocido sin soldadura ASTM B163, ASTM B423 o equivalente que debe utilizarse con los racores Swagelok de aleación 825. Tubo de aleación 825 totalmente recocido y soldado ASTM B704, clase 1 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 201 HV o 201 HR15T90. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar. La tolerancia del diámetro exterior no debe ser superior al $\pm 10\%$.
ASTM B423 Tubo y tubería de aleación de níquel-hierro-cromo-molibdeno-cobre sin soldadura.	
ASTM B704 Tubo de aleaciones UNS N06625, UNS N06219 y UNS N08825.	
Aleación 254 ASTM A269 Tubo de acero inoxidable austenítico sin soldadura o soldado para servicio general.	Cubre el tubo hidráulico de aleación 254 totalmente recocido sin soldadura o soldado y estirado, ASTM A269 o ASTM A213, o equivalente, como el que se utilizaría con los racores Swagelok de 6-Moly. La dureza no debe ser superior a 96 HRB. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar.
ASTM A213 Tubo de acero de aleación austenítica y ferrítica sin soldadura, para calderas, sobrecalentadores e intercambiadores de calor.	
Aleación 625 ASTM B444 Tubo y tubería de aleaciones de níquel-cromo-molibdeno-niobio (UNS N06625 y UNS N06852) y de aleación de níquel-cromo-molibdeno-silicio (UNS N06219).	Cubre el tubo de aleación 625 totalmente recocido sin soldadura ASTM B444 Calidad 1 ó 2, o equivalente que debe utilizarse con los racores Swagelok de aleación 625. La dureza no debe ser superior a 266 HV o 25 HRC. El tubo no debe tener arañazos en las superficies y debe ser adecuado para doblar y abocardar.

Capítulo 3

Manipulación e instalación del tubo y los racores

Tabla de Contenidos

Manejo del tubo	35
Trazado del sistema de tubo	36
Ventajas del tubo frente a la tubería	42
Técnicas de enderezado del tubo	45
Tubo de acero inoxidable: Bobinas	47
Doblado del tubo	47
Marcas utilizadas en el trazado del tubo	54
El Método de medición desde la curva	56
Defectos en las curvas	60
Dobladoras de tubo Swagelok	61
Dobladora de tubo manual	62
Dobladora de tubo para banco	63
Dobladora de tubo eléctrica	64
Longitud mínima de tramo recto	65
Preparación del tubo	67
Cortatubos	67
Sierra	69
Desbarbar el tubo	70
Herramienta para refrentar tubo	72
Manipulación de los racores	74

La seguridad en el uso de los racores Swagelok	75
Buenas prácticas: La utilización de la Herramienta de profundidad de inserción (DMT)	78
Galgabilidad: Instalación manual	81
Reutilización	83
Herramientas de preensamblaje	86
Deformación hidráulica utilizando la Unidad Hidráulica de deformación actuada neumáticamente	88
Deformación hidráulica utilizando la Unidad Hidráulica de deformación con matrices intercambiables	89
Espesor de pared mínimo sugerido del tubo a utilizar con la MHSU	90
Mezcla/intercambio de los componentes Swagelok	91
Garantía Limitada Vitalicia Swagelok	91
Herramientas de configuración del sistema	92
Instalación de una conexión final mediante el adaptador a tubo Swagelok	92
Instalación de una conexión final con férula mecanizada Swagelok	95
Conexiones pasamuros	101
Puertos con rosca SAE o MS paralela (Instalación)	101
Codos y tes orientables con rosca SAE/MS paralela (Instalación)	103
Cierres con junta tórica	103
Accesorios para tubo de media presión	103
Productos para media y alta presión: Serie IPT	104
Conexiones roscadas (Instalación)	107
Sellantes para roscas	109
Instalación con Sellantes para roscas líquidos	111
Instalación con cinta de PTFE	116

Manejo del tubo

El manejo cuidadoso del tubo desde la recepción hasta la instalación favorecerá sistemas sin fugas.

Utilizar un buen procedimiento de manejo reducirá los araños, imperfecciones y muescas que pueden impedir un buen cierre (especialmente en servicio de gas).

No arrastrar nunca el tubo

- Si se extrae el tubo arrastrándolo, su propio peso puede arañar la superficie del diámetro exterior (OD) contra las esquinas de los soportes del camión o las estanterías del almacén.
- Una rebaba en el OD de un tramo de tubo puede arañar la superficie de otro tramo.
- El tubo nunca se debe arrastrar por el cemento, superficies sucias, asfalto o arena.

Nunca deje caer el tubo

- Los golpes contra superficies duras pueden dañarlo.
- Se pueden crear puntos planos y hacerle perder la cualidad cilíndrica.
- Introducir forzando el tubo no cilíndrico en el racor puede generar fugas.

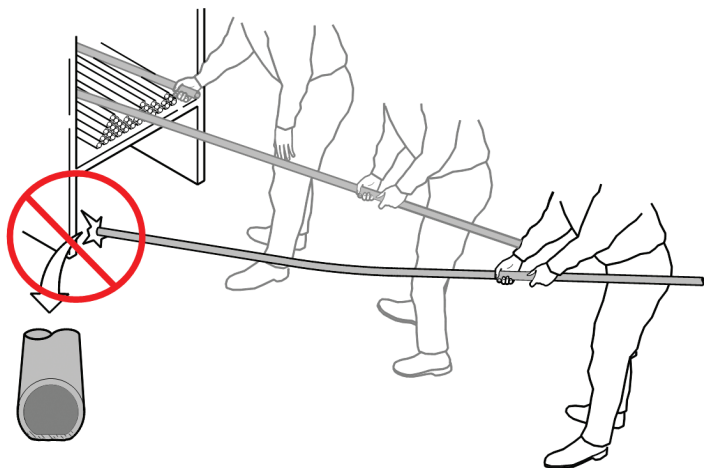


Figura 3-1.

Trazado del sistema de tubo

El primer paso para instalar un sistema de tubo es plantear el trazado para determinar el número de racores y las longitudes de los tramos de tubo necesarios.

- Las dimensiones se deben medir desde el extremo del tubo y entre las líneas centrales de los tramos de tubo.
- Las curvas se deben tratar como si fueran ángulos rectos.

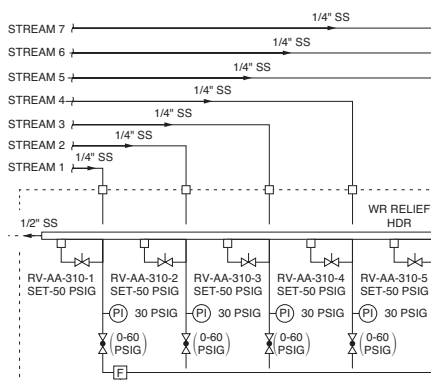


Figura 3-2.

Otras consideraciones:

Los racores deben ser accesibles

- Facilita la instalación
- Facilita el mantenimiento

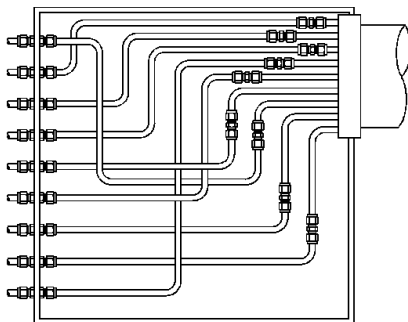
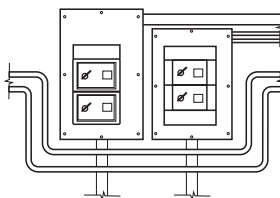


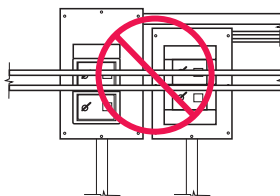
Figura 3-3.

Ubicar el tubo correctamente

- No se debe instalar el tubo frente a puertas, pernos o equipos.
- No se debe impedir el acceso a puntos de control.
- Se debe permitir el acceso para mantenimiento.



Correcto

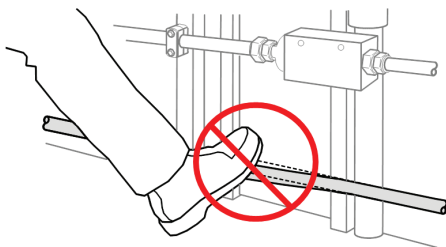


Incorrecto

Figura 3-4.

Evite ubicar el tubo en posiciones que permitan apoyar los pies

- Las tiradas de tubo a baja altura pueden utilizarse inadecuadamente como reposapiés, lo que puede dañar el tubo.
- El tubo a baja altura también puede suponer un riesgo de accidente.



Incorrecto

Figura 3-5.

Evite ubicar el tubo en posiciones que permitan apoyar las manos

- Las tiradas de tubo a esa altura se pueden utilizar inadecuadamente como pasamanos, lo que también puede dañar el tubo.
- También se podría utilizar de forma inadecuada para sujetar objetos y favorecer daños.

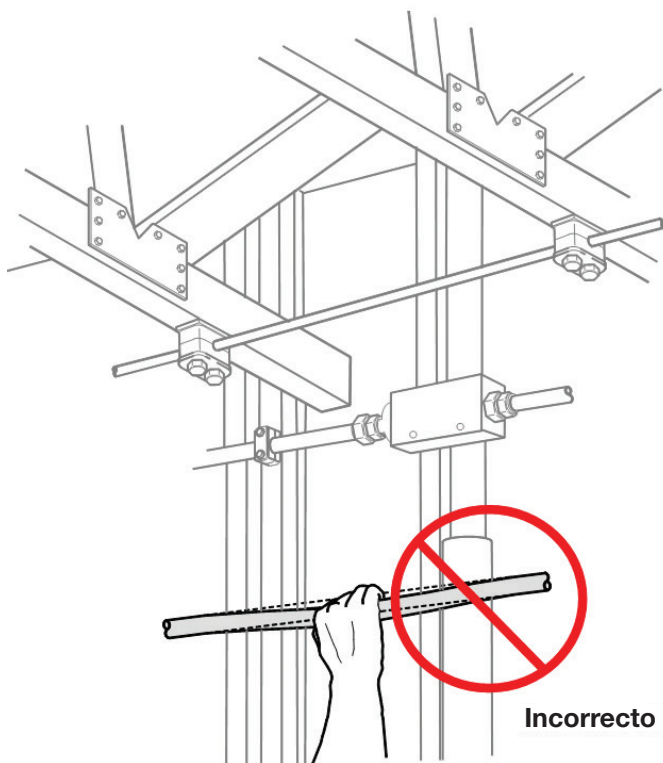


Figura 3-6.

Disponer un buen soporte

- Un buen soporte limita los efectos de los pulsos y vibraciones de los sistemas de fluidos.
- Los soportes deben ser elásticos.
- Los tramos largos de tubo deben sujetarse para evitar que se curven.

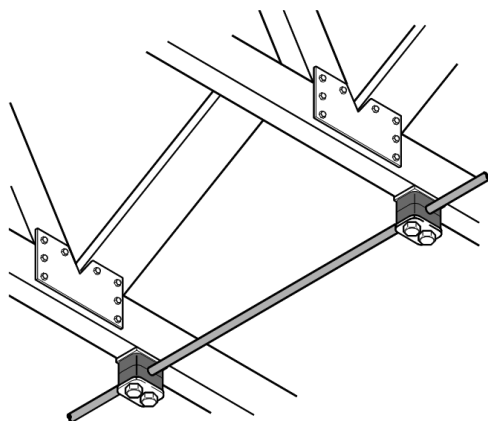


Figura 3-7 Soportes flexibles.

- El tubo no debe soportar el peso de válvulas, racores, reguladores, etc. Los componentes se deben montar y sujetar independientemente.
- La densidad del fluido y el tamaño del tubo definen la frecuencia de los soportes.
- Todos los tramos de tubo se deben sujetar a ambos lados de una curva, y lo más cerca posible del radio de curva.

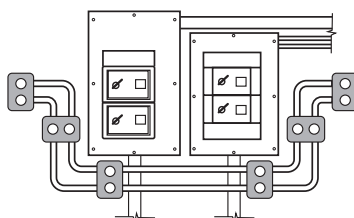


Figura 3-8 Tubo doblado y sujeto en ambos lados.



Para ampliar la información, consulte la Práctica estándar ANSI/MSS SP-58-2009, que sustituye a SP-69. www.swagelok.com/TFM

Los sistemas de fluidos pueden estar sujetos a choques y vibraciones cíclicos. Un sistema bien diseñado puede limitar los efectos de los pulsos y vibraciones, instalando un buen sistema de soporte de tubo que limite el movimiento del tubo y los componentes del sistema de fluidos. Los tipos y ubicación de los soportes para tubo dependerán del diseño del sistema de fluidos que se esté tratando. Los soportes son especialmente importantes

cerca de los codos, tes, curvas y componentes pesados instalados en línea como las válvulas. Hay varias directrices publicadas que describen los tipos de soportes y espaciado del tubo en los sistemas en base a la práctica y experiencia industrial.

Espaciado sugerido para los soportes según la Manufacturers Standardization Society (MSS) de la Valve and Fittings Industry

Diámetro del tubo OD mm	Diámetro del tubo OD pulg.	Distancia entre bridas m	Distancia entre bridas pies
4 a 10	3/16 a 3/8	3	0,9
15 a 22	1/2 a 7/8	5	1,5
25 a 30	1 a 1 1/4	7	2,1

Suspensión horizontal máxima y espaciado de soportes para tubo y tubería

Tamaño nominal de Tubería o Tubo mm	Tamaño nominal de Tubería o Tubo pulg.	Peso std. Tubería acero				Tubo de cobre			
		Servicio de agua m	Servicio de agua pies	Servicio de vapor m	Servicio de vapor pies	Servicio de agua m	Servicio de agua pies	Servicio de vapor m	Servicio de vapor pies
6	1/4	2,1	7	2,4	8	1,5	5	1,5	5
10	3/8	2,1	7	2,4	8	1,5	5	1,8	6
15	1/2	2,1	7	2,4	8	1,5	5	1,8	6
20	3/4	2,1	7	2,7	9	1,5	5	2,1	7
25	1	2,1	7	2,7	9	1,8	6	2,4	8
32	1 1/4	2,1	7	2,7	9	2,1	7	2,7	9
40	1 1/2	2,7	9	3,6	12	2,4	8	3,0	10
50	2	3,0	10	3,9	13	2,4	8	3,3	11

Instalar los trazados paralelos verticalmente

- Evita la acumulación de suciedad, corrosivos y contaminantes.
- Si tiene que instalarse horizontalmente, debe protegerse con una cubierta.

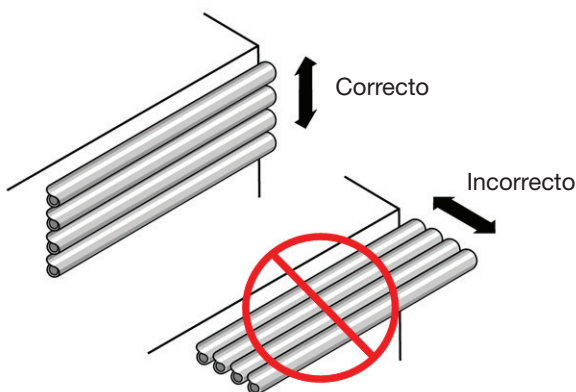


Figura 3-9.

Utilizar lazos de dilatación

- Ahorra espacio y permite instalar los tubos paralelos más juntos.
- Permite la dilatación o contracción térmicas.
- Facilita el acceso para el desmontaje y reutilización.

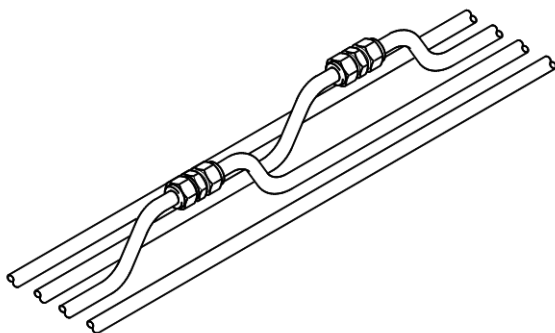


Figura 3-10.

Posicionar el tubo sin tensiones

La ausencia de tensiones tiene las siguientes ventajas:

- Permite introducir el tubo hasta el fondo
- Facilita el mantenimiento del sistema
- Evita las cargas laterales y permite la expansión

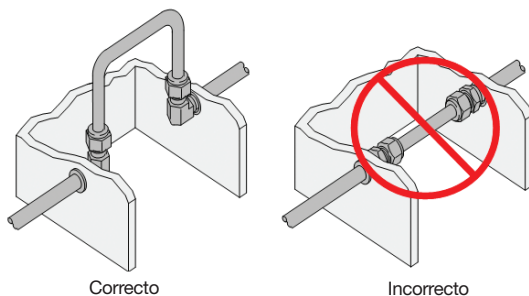


Figura 3-11.

Otros aspectos a tener en cuenta sobre el tubo:

- El material del tubo metálico debe ser más blando que el material del racor. Por ejemplo, el tubo de acero inoxidable no debe usarse con racores de latón.
- Si el tubo y los racores son del mismo material, el tubo debe ser totalmente recocido. El tubo de tipo mecánico, estructural u ornamental nunca debe usarse en sistemas de fluidos.
- Cuando instale tubo de plástico muy blando o flexible, utilice siempre un manguito de refuerzo interior.
- Siempre debe comprobarse el espesor de pared teniendo en cuenta las limitaciones mínimas y máximas de los espesores de pared sugeridos por Swagelok.
- El acabado superficial es muy importante para conseguir un buen cierre. El tubo con cualquier tipo de defecto como depresiones, arañazos o partes elevadas será difícil de cerrar, especialmente en servicio de gas.
- El tubo ovalado que no entre fácilmente a través de la tuerca, férulas y cuerpo, nunca debe forzarse para introducirlo en el racor.

Ventajas del tubo frente a la tubería

- El tubo puede ser más rentable que la tubería para conectar componentes de sistemas de fluidos.

Fácil instalación

- Llaves estándar
- Sin roscas

- Sin abocardar
- Sin soldadura manual
- Sin soldadura automática

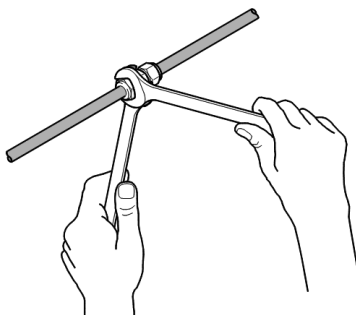
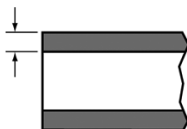


Figura 3-12.

Mejor relación entre peso y resistencia

- El roscado de la tubería reduce el espesor efectivo de la pared.
- La presión de servicio del tubo de pared delgada es similar a la de la tubería.
- El tubo es más ligero, abarata el transporte y facilita la instalación y el montaje.

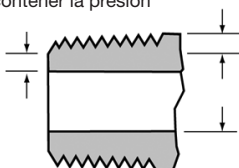
Todo el espesor de pared del tubo se utiliza para contener la presión



Tubo

Espesor de pared de tubería necesario para contener la presión

Espesor adicional de pared de la tubería necesario para la rosca



Tubería

Espesor de pared de tubería que debe utilizarse

Figura 3-13.

Se requieren menos conexiones

- Reduce el número de puntos potenciales de fuga
- Se puede doblar para rodear obstáculos

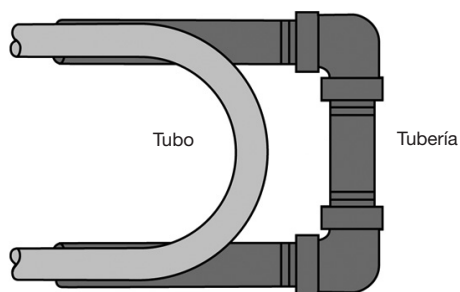


Figura 3-14.

Menor caída de presión

- Se reducen las curvas en ángulo recto.
- Las transiciones graduales reducen las turbulencias.

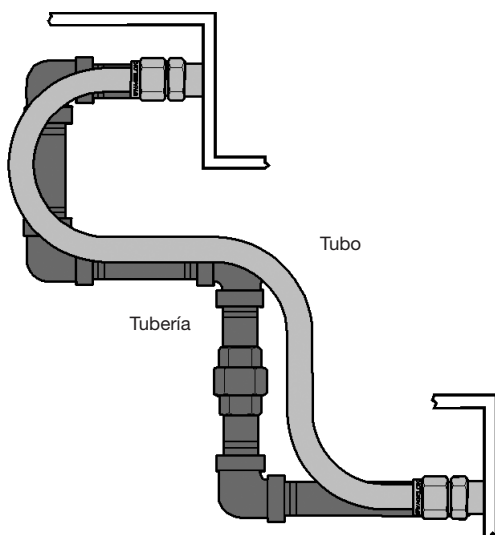


Figura 3-15.

Técnicas de enderezado del tubo

El enderezado del tubo es importante desde dos puntos de vista.

- El tramo de tubo que entra en el racor debe tener una longitud recta suficiente para permitir que haga tope contra el asiento del cuerpo.
- El tubo recto es más fácil de sujetar adecuadamente y facilita el acceso para mantenimiento. Las tiradas de tubo recto también son más armónicas y reducen el tiempo de instalación de los soportes.

El tubo de materiales más blandos como el cobre y el aluminio se suministra a menudo en bobinas que se deben enderezar para posibilitar el uso del tubo.

Cómo enderezar el tubo

Sujete el extremo del tubo a mano y manténgalo firme contra una superficie plana como una mesa, un tablón de madera, el suelo o la acera. Si la superficie es rugosa, utilice un soporte blando para proteger el tubo y evitar que se arañe.



Figura 3-16.

Empiece a desenrollar la bobina alejándola del extremo del tubo con la otra mano.



Figura 3-17.

Deslice la primera mano por el tubo, siguiendo a la bobina de forma que el tubo quede estirado sobre la superficie plana. Desenrolle la bobina, sin tirar del extremo del tubo lateralmente para extraerlo de ésta. Si tira del extremo del tubo, éste se puede retorcer o debilitar y tenderá a ovalarse.



Figura 3-18.

No enderece más tubo de lo necesario, ya que repetir la operación puede deformarlo, endurecerlo o hacerlo más rígido.

En ocasiones, las bobinas de tubo de cobre blando se desenrollan y después el tubo se estira para enderezarlo. Esa operación puede endurecer ligeramente el tubo. No recomendamos estirar el tubo pero, en caso necesario no se debe estirar más del 1% o 15 cm (6 pulg.) por cada 15 m (50 pies) de longitud. Más allá de eso, se puede reducir el OD y causar problemas de cierre.

Otro método común de enderezado del tubo de cobre en campo es situarlo sobre una parte lisa del suelo o un banco y eliminar las curvas golpeando sobre un tablón plano de madera. No se debe golpear demasiado fuerte para evitar la formación de puntos planos. El tubo blando es fácil de deformar y una mella podría colapsar el tubo durante el doblado.

Tubo de acero inoxidable: Bobinas

El tubo de acero inoxidable también se puede pedir en bobinas. En este caso es necesaria asistencia mecánica para enderezarlo. Swagelok tiene disponible una máquina de enderezar de cinco rodillos, diseñada para asistir la operación manual y también se puede montar en un soporte de bobinas para automatizar el enderezado.



Consulte el Manual del usuario de la Máquina de enderezar Swagelok (MS-CRD-0147) para las instrucciones de operación. www.swagelok.com/TFM

Doblado del tubo

Terminología de doblado

Los planos, dibujos técnicos y plantillas de trazado normalmente indican la posición de una curva como el punto de intersección de los ejes de dos tramos rectos de tubo.

A los tramos rectos nos referimos como “lados”, donde el vértice es el punto de intersección de los dos lados que forman el ángulo.

Hay tres puntos comúnmente utilizados para medir las curvas:

- El extremo inicial del tubo
- El vértice de la curva
- El extremo final del tubo

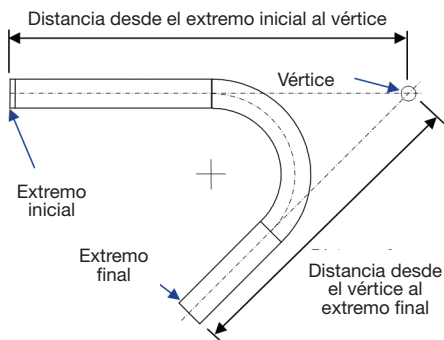


Figura 3-19.

En los trazados con varias curvas, la distancia entre curvas normalmente se mide entre los vértices a lo largo del eje del tubo.

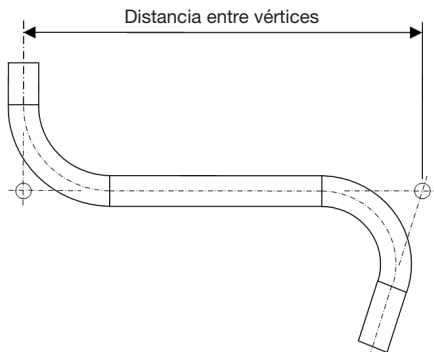


Figura 3-20.

A veces las curvas también se miden desde el punto teórico del inicio hasta el final de la curva.

Pero las curvas medidas así requerirán al operario calcular la longitud real entre vértices.

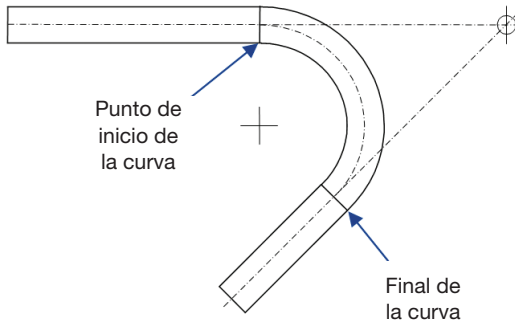


Figura 3-21.

Curvas de 180°

Los lados de las curvas de 180° son paralelos y por tanto no tienen vértice. Pero a efectos de trazado, se utiliza la intersección de una tangente al punto central de la curva de 180° como si fuese el vértice de la curva. La longitud de un lado con una curva de 180° se mide desde el punto inicial del lado (A) a lo largo del eje, y extendido hasta un punto perpendicular a la tangente al punto medio de la curva de 180° (B). No se mide directamente de (A) a (B).

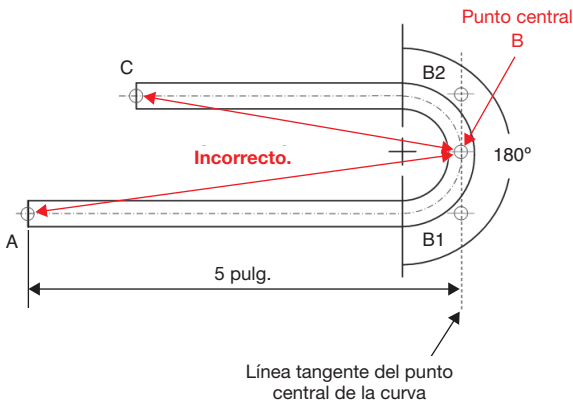


Figura 3-22.

En el ejemplo de abajo, la longitud del lado desde (A) a (B) está medida correctamente en 5 pulg. como la línea recta entre (A) y (B1). Del mismo modo, el tramo desde (B) a (C) se mediría paralelo al tramo desde (B2) a (C), no en ángulo de (B) a (C).

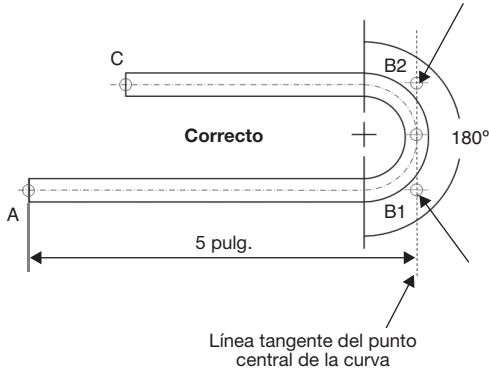


Figura 3-23.

Radio de doblado

El radio de las curvas se define como el radio hasta la línea central del tubo. Esta tabla muestra los radios de doblado usados comúnmente en las dobladoras de tubo disponibles.

El material y el espesor de pared del tubo, y el tipo de equipo utilizado influenciará en el radio de doblado más pequeño que se pueda conseguir.

RADIO DE CURVA TÍPICO

Ø ext. del tubo	Radio
1/8 pulg.	3/8 pulg.
1/4 pulg.	9/16 pulg.
3/8 pulg.	15/16 pulg.
1/2 pulg.	1 1/2 pulg.
5/8 pulg.	1 1/2 pulg.
3/4 pulg.	1 3/4 pulg.
7/8 pulg.	2 pulg.
1 pulg.	4 pulg.
1 1/4 pulg.	5 pulg.
1 1/2 pulg.	6 pulg.
2 pulg.	8 pulg.

Curvas con desviación

La finalidad de la desviación o cambio de plano es modificar el eje del trazado para evitar una obstrucción. El cambio de plano o desviación son dos curvas consecutivas y opuestas del mismo ángulo (E).

En muchas aplicaciones la altura del cambio de plano (O) es un dato conocido, más que la longitud (L) real entre los vértices de las curvas.

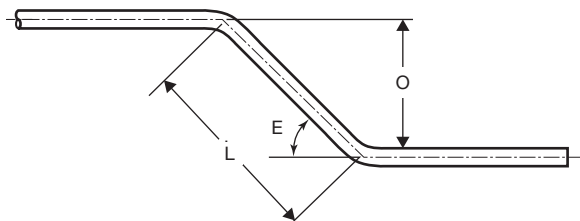


Figura 3-24.

Es importante conocer la desviación total porque es fácil confundir la distancia o altura de la desviación con la longitud entre vértices. Y eso podría llevar a hacer las dos curvas demasiado juntas.

La distancia entre vértices (L) es fácil de calcular, multiplicando la desviación total (O) por el factor de desviación, que es la cosecante* del ángulo de doblado (E).

Ángulo de desviación (E)	Deducción de la desviación de la curva
22,5°	2,613
30°	2,000
45°	1,414
60°	1,154

Ejemplo:

Ángulo de desviación (E)	Desviación total (O)	×	Deducción de la desviación de la curva	=	Longitud de la desviación (L)
22,5°	30 mm	×	2,613	=	78 mm
30°	2,0 pulg.	×	2,0	=	4 pulg.
45°	65 mm	×	1,414	=	92 mm
60°	9,5 pulg.	×	1,154	=	10,96 pulg. (aproximadamente 11 pulg.)

* Cosecante es un término trigonométrico que describe la inversa del seno de un ángulo. Es la razón entre la longitud de la hipotenusa de un ángulo y la del lado opuesto.

Efecto muelle

El efecto muelle se da cuando se dobla un material y pierde su forma original. El tubo doblado “retrocederá” por su elasticidad en algún grado hacia su forma original al liberarse la presión mecánica ejercida durante el doblado.

Durante la operación, el tubo conformará el radio de doblado de la matriz; pero al liberar la presión tenderá a salirse de ésta. Por ejemplo, al hacer una curva de 180° en tubo de acero inoxidable con un radio de doblado de 3/4 pulg. (1 1/2 pulg. de diámetro), éste puede abrirse hasta un diámetro de 1 5/8 tras el doblado.

El total de retroceso dependerá de variables como el radio de doblado, el material del tubo y el espesor de pared.

El ángulo de doblado también afecta al efecto muelle; los ángulos de doblado más cerrados tienen más retroceso que los más abiertos. En casos extremos el alto grado del efecto muelle puede impedir alcanzar ángulos de doblado con la dobladora manual.

Hay dos formas de compensarlo:

- El operador puede preverlo y doblar el tubo hasta un ángulo algo mayor del indicado en la matriz. Al liberar la presión mecánica, el tubo retrocederá ligeramente.
- Las dobladoras pueden compensar el efecto muelle situando las marcas de ángulo de la matriz de forma que contrarresten el retroceso predeterminado. La dobladora manual Swagelok está diseñada así; los ángulos de la placa de medición están desviados aproximadamente 3° para compensar el efecto muelle que se observa en el acero inoxidable. Por tanto, cuando doble tubo más blando como el de cobre o aluminio, no alcance exactamente el ángulo marcado en la placa.

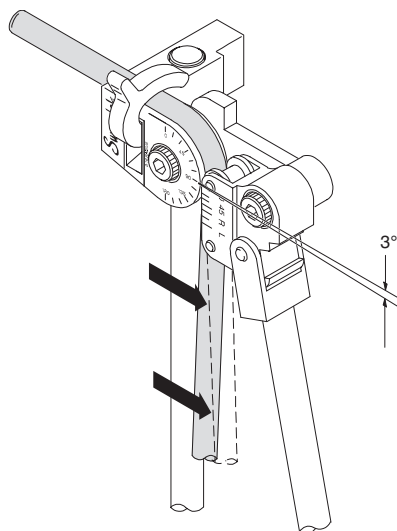


Figura 3-25.

Independientemente del método que se utilice para compensar el efecto muelle, se recomienda tener precaución al doblar el tubo y comprobar el ángulo de doblado real con un transportador o indicador de ángulos. Es mucho más fácil reinstalar el tubo en la dobladora para terminar de doblarlo que tratar de deshacer una curva.

Elongación

El término “elongación” se utiliza para describir la diferencia entre una curva marcada y doblada mediante trigonometría convencional (teoría) frente a lo que se obtiene realmente.

En la práctica y con frecuencia, el tubo parece alargarse ligeramente, o alargarse durante el doblado.

NOTA: En algunos casos el tubo puede también parecer acortarse, o retraerse (normalmente debido a una matriz mal marcada o a una marca de doblado incorrecta)

Independientemente del motivo, si la pieza resultante es más larga o más corta de lo deseado sin tener en cuenta la elongación, la ubicación de la curva es probablemente incorrecta.

Los datos de doblado aportados por Swagelok tienen en cuenta la elongación normalmente observada al utilizar las dobladoras Swagelok.

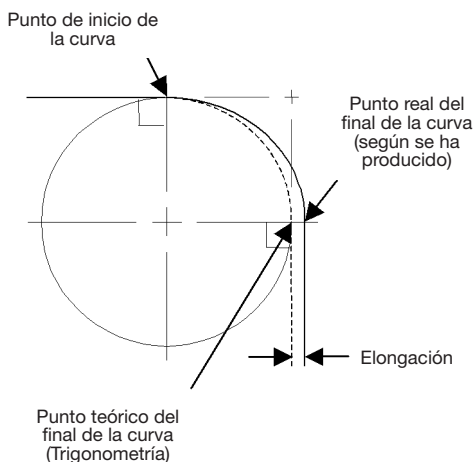


Figura 3-26.

Marcas utilizadas en el trazado del tubo

El mayor desafío para el operador que utiliza la dobladora es asegurar que la curva está en la ubicación y dirección correctas. Hay tres marcas comúnmente utilizadas:

- Marca de referencia
- Marcas de doblado
- Marcas de orientación

Marca de referencia

En el extremo del tubo desde el que se están tomando las medidas se hace una marca de referencia que indica el inicio de las mediciones.

Marcas de doblado

Las marcas de doblado indican la ubicación de las curvas en el tubo. Las marcas de doblado variarán en función del método de trazado que se utilice.

Haga siempre las marcas de doblado con cuidado y alrededor de todo el perímetro del tubo para asegurar que son visibles cuando tenga que cambiar de plano.

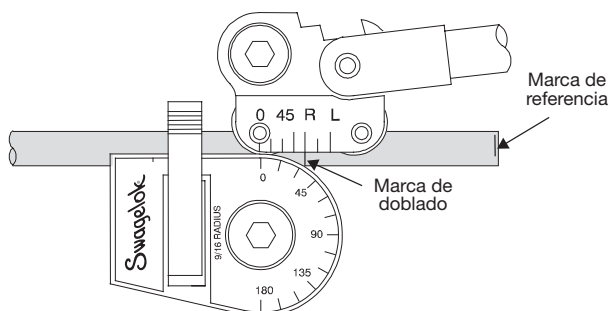


Figura 3-27.

Marcas de orientación

Cuando haga varias curvas en el mismo tramo de tubo, asegúrese de orientarlas en la dirección correcta.

Eso ayudará a doblar el tubo con la orientación deseada.

La marca de orientación cruza perpendicularmente la marca de doblado en el exterior o talón de la curva.

Las marcas de orientación indican visualmente dos aspectos al operador:

- La marca debe ser visible cuando el tubo está correctamente ubicado en la dobladora.
- Cuando los rodillos contactan con el tubo, lo hacen contra la marca de orientación.

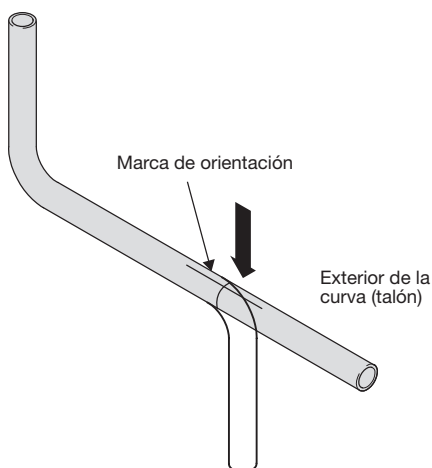


Figura 3-28.

Método de medición desde la curva

Este es un método para doblar tubo muy utilizado. Su precisión depende mucho de la habilidad del operador para ubicar el tubo en la dobladora.

Indicaciones

1. Calcule la longitud total de tubo requerido sumando las longitudes de cada sección.

Por ejemplo, la longitud aproximada de tubo necesaria para completar el codo ilustrado abajo es de 125 mm o 5 pulg.

Pero hay dos circunstancias especiales que requieren otros cálculos.

- Desviaciones
- Curvas de 180°

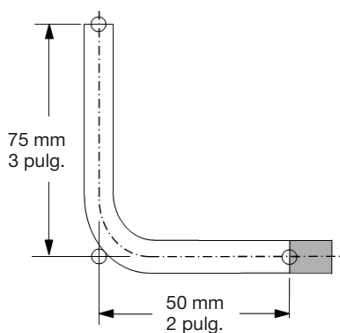


Figura 3-29.

Desviaciones

Como se ha explicado anteriormente, es necesario conocer la longitud del tubo (L) para calcular la desviación.

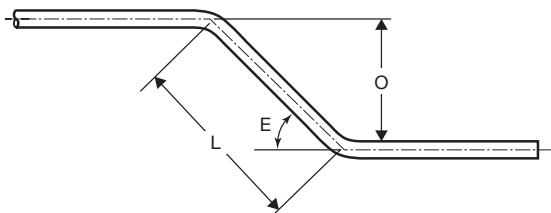


Figura 3-30.

Curvas de 180°

A diferencia de otras curvas en que los lados coinciden en el vértice, los lados de las curvas de 180° son paralelos.

Por tanto hay que tener en cuenta el tubo consumido por la curva. Para ello se debe multiplicar el radio de doblado por 1,25 y añadir el total a la suma de los lados.

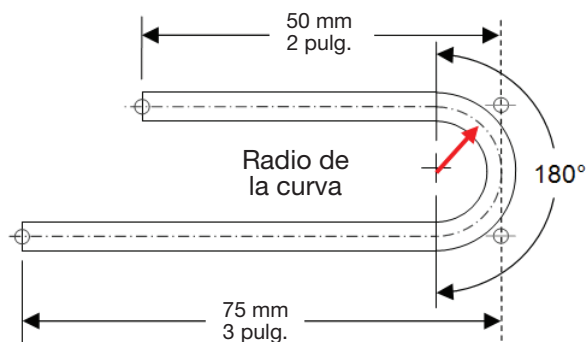


Figura 3-31.

- Haga una marca de referencia en el extremo del tubo desde el que está tomando las medidas.

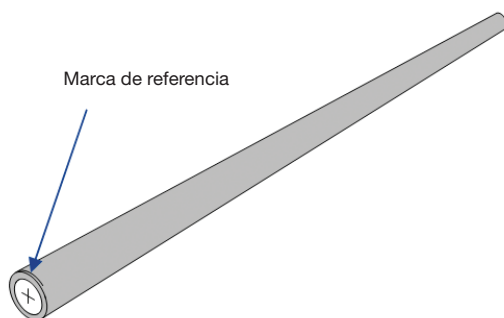


Figura 3-32.

- Midiendo desde la marca de referencia, haga una marca de doblado nítida en todo el perímetro del tubo, a una distancia igual a la longitud del primer lado.

Esa marca de doblado será el vértice de la curva de 90°.

Ejemplo: La marca de doblado está ubicada a 75 mm o 3 pulg. de la marca de referencia en el tubo.

4. Haga una curva de 90°.

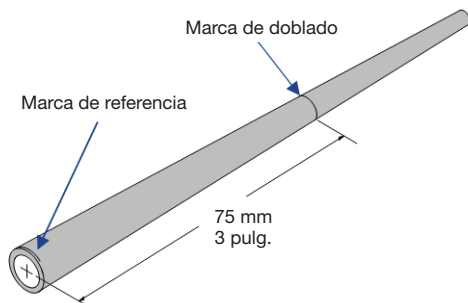


Figura 3-33.

5. Mida 50 mm o 2 pulg. desde el vértice de la primera curva y haga una marca igual a la longitud del segundo lado. Esa será la longitud de corte.
6. Corte el tubo.

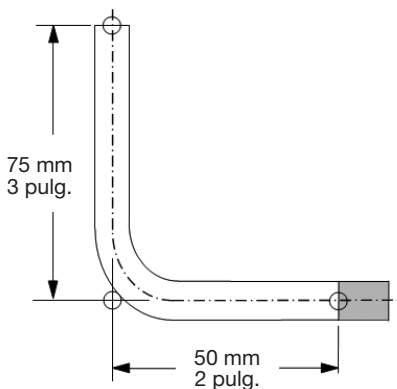


Figura 3-34.

Nota: Si el tramo de tubo que utilizamos para el trazado es de 125 mm o 5 pulg., será demasiado largo, algo más que el diámetro del tubo.

Por qué el tubo doblado es más fuerte que el tubo recto

Cuando se deforma el material más allá de su límite elástico, el espesor de pared del interior de la curva es comprimido, mientras que el del exterior de la curva es estirado o aplanado. El resultado es el endurecimiento mecánico de material doblado. El endurecimiento mecánico por deformación aumenta la resistencia del material.

Si se tapa un tramo de tubo doblado en un punto con un tapón para tubo Swagelok y se presuriza hasta la presión de rotura del tubo, éste se expandirá visiblemente en los tramos rectos mucho más que en la curva, y la eventual rotura se producirá en un tramo recto (normalmente en el tramo recto más largo).

El endurecimiento mecánico que se produce durante el doblado aumenta la resistencia del material deformado, compensando sobradamente la pérdida de resistencia que se podría esperar de una pared más delgada.

Por tanto, si se dobla el tubo en un punto o en una dirección incorrectos, no se puede deshacer. Eso hace que el aprendizaje del doblado correcto del tubo sea crítico.

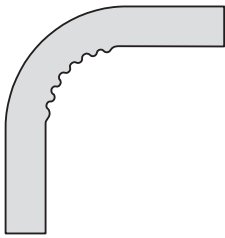
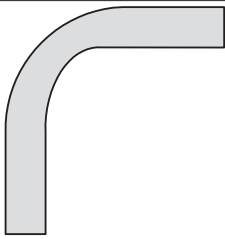
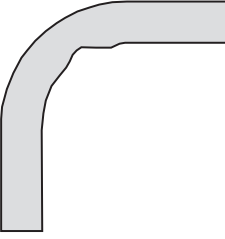
En esta figura, el tubo se rompe en el tramo recto, mostrando una resistencia a la tracción superior en el material de la curva.



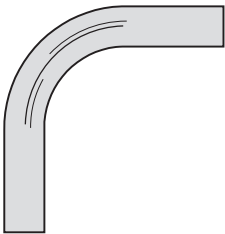
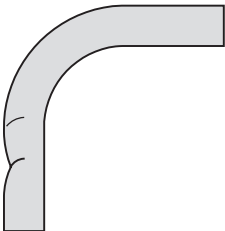
Figura 3-35.

Para formación en doblado de tubo, contacte con su Centro autorizado de ventas y servicio Swagelok.

Defectos en las curvas

Defecto	Causas	Soluciones
 Curva arrugada	Radio de curva inferior al requerido	Utilice un radio de curva mayor
	Pared del tubo demasiado delgada	Utilice tubo de mayor espesor de pared
 Curva aplastada	La dobladora es para tubo de mayor diámetro	Utilice la dobladora adecuada para el tamaño de tubo
	El tubo se deforma al doblarlo	Utilice tubo de mayor espesor de pared
	La presión de la matriz deforma el tubo al doblarlo	Utilice una dobladora con rodillos en lugar de matriz
 Curva retorcida	La dobladora es para tubo de mayor diámetro	Utilice la dobladora adecuada para el tamaño de tubo
	La articulación no alineada verticalmente ha precipitado el doblado	Asegúrese de que la articulación está alineada verticalmente antes de situar los rodillos en el tubo

continuación

Defecto	Causas	Soluciones
 Curva con muescas	La dobladora es para tubo de menor diámetro	Utilice la dobladora adecuada para el tamaño de tubo
	Matriz dañada	Repare la matriz o sustituya la dobladora
	Suciedad o elementos extraños en la matriz o rodillos	Limpie la matriz o los rodillos
	Rodillo gripado	Sustituya el rodillo dañado o la dobladora
 Deformación excesiva del tubo	Mal alineamiento	Asegúrese de que la alineación entre la matriz y los rodillos es la correcta
	Exceso de presión en el pasador (normalmente sólo se ve en tubo blando)	Reduzca la presión del pasador

Dobladoras de tubo Swagelok

Swagelok tiene disponibles tres tipos de dobladoras de tubo: la dobladora de tubo manual, la dobladora de tubo para banco (manual y eléctrica), y la dobladora de tubo eléctrica. Juntos, los tres tipos de dobladoras de tubo cubren los tamaños de tubo desde 1/8 a 2 pulg. y 3 a 50 mm.

Dobladora de tubo manual

La dobladora de tubo manual Swagelok (HTB) es de tipo de compresión. Cada dobladora está diseñada para doblar tamaños de tubo concretos con variedad de espesores de pared.

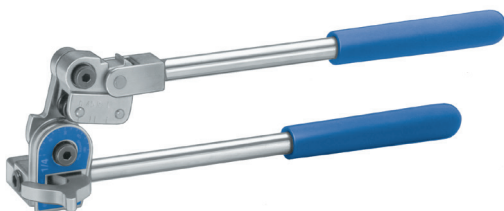


Figura 3-36.

Bloque para tornillo de banco

El bloque incorporado en la dobladora permite fijarla en un tornillo de banco. Es de gran ayuda para doblar tubo de materiales duros o alto espesor de pared, o para sujetar tramos largos de tubo.

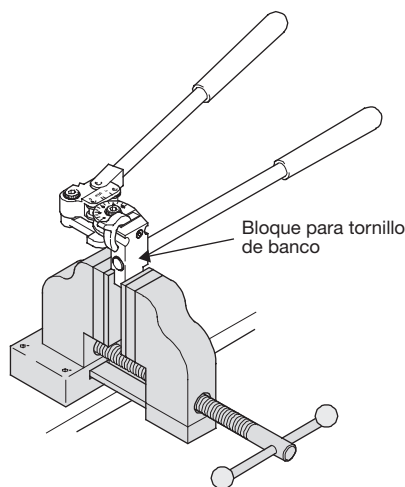


Figura 3-37.

Marca Tramo de tubo recto

En las dobladoras de tubo Swagelok, la marca Tramo recto de tubo indica la longitud mínima de tubo recto requerida para permitir que el tubo se introduzca hasta el fondo del racor Swagelok.

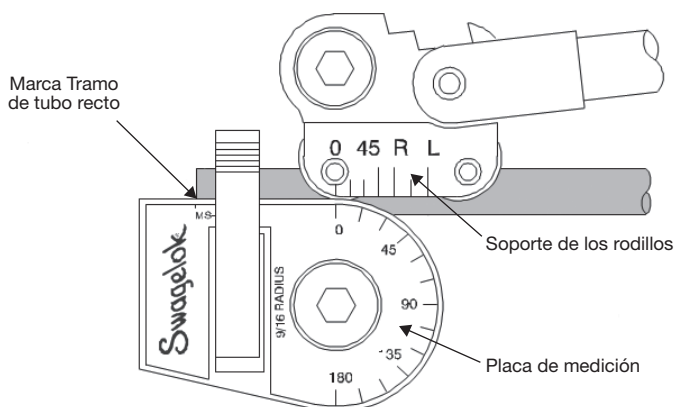


Figura 3-38.



Consulte el Manual del usuario de la Dobladora de tubo manual (HTB) Swagelok (MS-13-43) para ampliar la información y las instrucciones de operación. www.swagelok.com/TFM

Dobladora de tubo para banco

La dobladora de tubo para banco Swagelok (BTTB) es de tipo rotativo. Está disponible en unidades manual y eléctrica.

Cada dobladora se entrega equipada con conjuntos de matrices de aluminio o de acero y de rodillos. Cada conjunto de matriz/rodillos está diseñado para doblar un tamaño de tubo concreto y diferentes espesores de pared. Las matrices de acero se deben utilizar para doblar tubo de alto espesor de pared y para aplicaciones de alta producción.

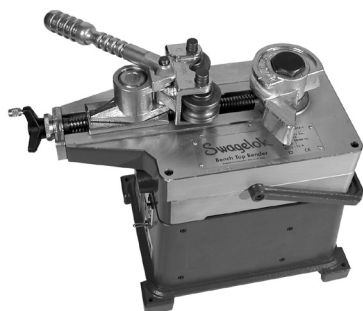


Figura 3-39.



Consulte el Manual del usuario de la Dobladora de tubo para banco (BTTB) Swagelok (MS-13-145) para la puesta en marcha, calibración y las instrucciones de operación. www.swagelok.com/TFM

Dobladora de tubo eléctrica

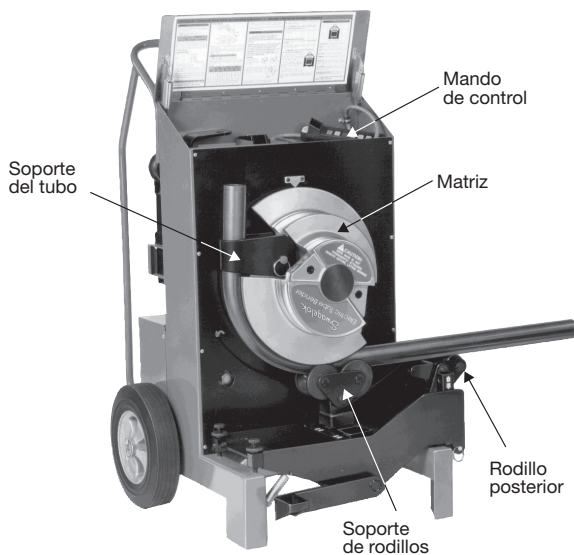


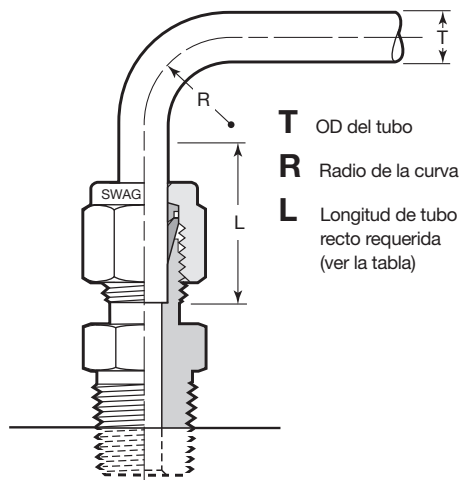
Figura 3-40.



Consulte el Manual del usuario de la Dobladora de tubo eléctrica (ETB) Swagelok (MS-13-138) para las instrucciones de operación. www.swagelok.com/TFM

Longitud mínima de tubo recto

Al instalar racores próximos a las curvas del tubo, el tramo recto debe tener la longitud suficiente para permitir introducirlo hasta el fondo del racor Swagelok.



T Ø ext. del tubo

R Radio de la curva en el tubo según se requiere, o mínimo admisible según el espesor de pared y tamaño del tubo recomendado por el fabricante de la dobladora

L Longitud de tubo recto requerida desde el extremo del tubo al inicio de la curva.

Figura 3-41.

Curvas próximas a los racores

Las curvas demasiado cercanas a los racores instalados pueden ser una fuente de fugas y se debe tener cuidado en estas instalaciones. Es necesario tomar varias precauciones:

- Respete una longitud de tubo recto suficiente para que la parte deformada de la curva no sea introducida en el racor.
- Inspeccione la cualidad cilíndrica del tramo de tubo que será introducido en el racor. El tubo no cilíndrico puede arañarse al introducirlo en el racor y provocar fugas.
- Las tiradas largas de tubo se deben sujetar, como todo el resto de componentes.
- Cuando se vaya a conectar una sección de tubo doblado, hay que asegurar que el tubo está correctamente alineado con el racor antes de iniciar el apriete. Forzar la posición del tubo con el racor puede generar un esfuerzo excesivo en el tubo y la conexión.

- Un doblado del tubo de calidad y el alineamiento correctos asegurarán conexiones bien hechas y sin problemas.

Requisitos de Longitud mínima de tubo recto para los racores Swagelok (por OD del tubo)											
Ø ext. del tubo pulg.	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2
Long. mínima	13/16	7/8	15/16	1 3/16	1 1/4	1 1/4	1 5/16	1 1/2	2	2 7/16	3 1/4
Ø ext. del tubo mm	6	8	10	12	14	15	16	18			
Long. mínima	21	22	25	29	31	32	32	32			
Ø ext. del tubo mm	20	22	25	28	30	32	38	50			
Long. mínima	33	33	40	40	52	51	60	83			



Consulte el Manual del usuario de la Dobladora de tubo para banco (BTTB) Swagelok (MS-13-145) para determinar el radio de curva adecuado para su aplicación. www.swagelok.com/TFM

Por ejemplo, para determinar la distancia mínima entre los vértices de dos curvas de 90° utilizando una dobladora de tubo manual de 1/4 pulg:

Compensación de la curva del lado inicial	9/16 pulg.
Compensación de la curva del lado final	+ 9/16 pulg.
Requisito de sujeción de tubo	+ 1 1/8 pulg.
Distancia mínima entre vértices	2 1/4 pulg.

O, para determinar la distancia mínima entre los vértices de una curva de 45° y una curva de 135° en tubo de 25 mm y una matriz de acero (con radio de curva = 82 mm)

Compensación de la curva de 45°	36 mm
Compensación de la curva de 135°	+ 201 mm
Requisito de sujeción de tubo	+ 108 mm
Distancia mínima entre vértices	345 mm

Es importante entender que aunque el requisito de sujeción, o longitud de tubo necesaria para la sujeción en la dobladora o la matriz es constante, la distancia mínima entre vértices cambiará en función de los ángulos de doblado en el inicio y final de la configuración.

Formación y aprendizaje

En Swagelok, la formación es más que un ejercicio académico; es una acción concentrada en los resultados. La finalidad del Programa de cualificación en doblado de tubo Swagelok es aprender cómo doblar el tubo dentro del marco de las dobladoras de tubo Swagelok, así como ofrecer información y métodos abreviados que ayudarán a descubrir parte del misterio del doblado del tubo.

Hay varias opciones para ampliar los conocimientos sobre el doblado de tubo:

1. Asistir al Curso básico de doblado de tubo en su centro local de ventas y servicio Swagelok—con ejercicios prácticos.
2. Hacer el curso de doblado de tubo online en la Universidad Swagelok.
3. Asistir a las clases de doblado de tubo avanzadas impartidas por expertos Swagelok.

Contacte con su representante autorizado de ventas y servicio Swagelok o visite el sitio Web www.swagelok.com para ampliar los detalles acerca de los Programas de cualificación en doblado de tubo disponibles.



Consulte www.swagelok.com/TFM para ampliar la información.

Preparación del tubo

La preparación correcta del tubo es esencial para ensamblar los racores. La mayoría de los ensamblajes se construirán con tramos de tubo cortos medidos, marcados y cortados cuidadosamente a partir de tramos más largos. Antes de aprender a instalar un racor Swagelok es importante saber preparar el tubo que se va a utilizar en el ensamblaje. Para cortar tubo normalmente se usan dos herramientas. Esto es, (1) un cortatubos y (2) una sierra. Una vez cortado el tubo deben eliminarse las rebabas generadas.

Cortatubos

Más que eliminarlo, los cortatubos “empujan” el material hacia los lados y hacia abajo.

El cortatubos Swagelok está diseñado para cortar tubo desde 6 a 25 mm y 3/16 a 1 pulg. OD.

Para reducir la generación de rebabas, utilice siempre una rueda cortadora afilada. Las ruedas cortadoras desgastadas expanden y endurecen el extremo del tubo. Sustituya la rueda cortadora cuando note mayor dificultad al cortar o cuando el extremo del tubo empiece a expandirse.



Figura 3-42 Cortatubos Swagelok.

Instrucciones de uso del cortatubos

1. Sitúe el tubo entre los rodillos y la rueda cortadora.
2. Gire el mando hasta que la rueda cortadora toque el tubo.
3. Avance el mando 1/16 de vuelta. (Las marcas del mando son incrementos de 1/8 de vuelta. Utilícelas como referencia.)



Figura 3-43 Alinear la rueda cortadora con la marca de medición.

4. Gire el cortatubos alrededor del tubo. Avance el mando 1/16 de vuelta cada dos giros. (Para materiales más blandos avance el mando cada giro.)

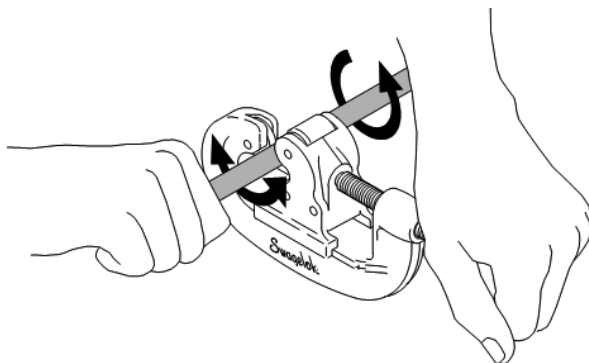


Figura 3-44 Girar el cortatubos completamente alrededor del tubo.

5. Continúe hasta cortar el tubo.

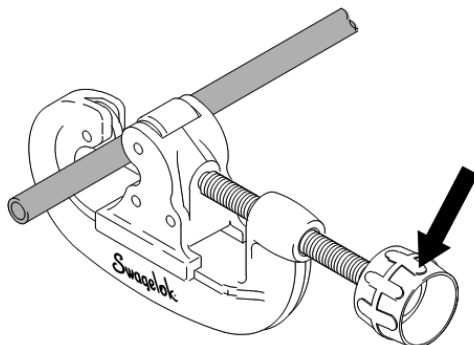


Figura 3-45 Avanzar el mando 1/16 de vuelta cada dos giros.

Sierra

Si no hay disponible un cortatubos del tamaño correcto, puede usarse una sierra. El tubo se debe cortar siempre en escuadra. Para cortar tubo con sierra debe utilizarse un bloque guía para serrado de tubo Swagelok, para facilitar los cortes a escuadra y evitar deformarlo. La hoja de la sierra debe tener al menos 24 dientes por pulgada.

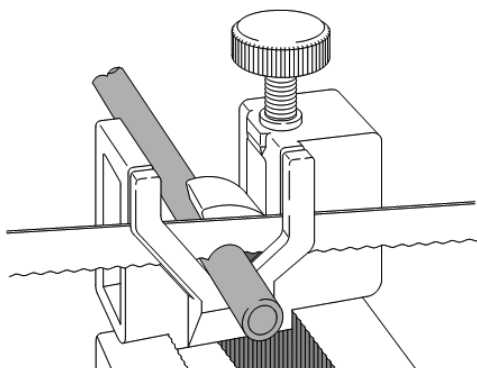


Figura 3-46 Bloque guía para serrado de tubo Swagelok y sierra.

Desbarbar el tubo

Durante el corte los cortatubos generan rebabas en el diámetro interior (ID), y las sierras también en el diámetro exterior (OD). Independientemente del método de corte, las rebabas se deben eliminar.

Es importante desbarbar el tubo para un correcto funcionamiento de los racores así como para tener sistemas limpios y sin fugas. Las rebabas del diámetro exterior pueden impedir la correcta introducción del tubo por la tuerca y férulas hasta el fondo contra el asiento del cuerpo del racor. Las rebabas del diámetro interior también pueden causar daños a otros componentes del sistema, obstruyendo pequeños orificios o venteos, o arañando los asientos de válvulas o los cierres blandos como las juntas tóricas.

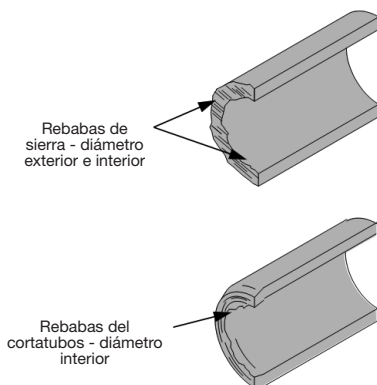


Figura 3-47 Rebabas de la sierra y el cortatubos.

Herramientas para desbarbar

El diámetro exterior se puede desbarbar con una lima suave. Las herramientas para desbarbar Swagelok permiten eliminar las rebabas de los dos diámetros fácilmente.

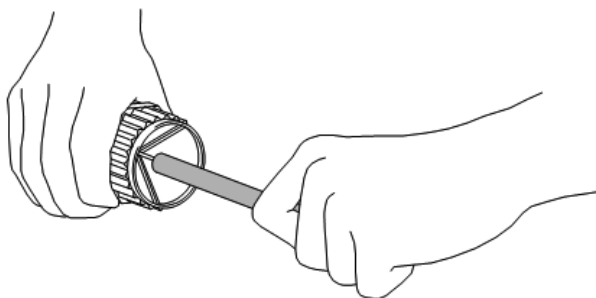


Figura 3-48 Desbarbar el OD con la herramienta para desbarbar Swagelok.

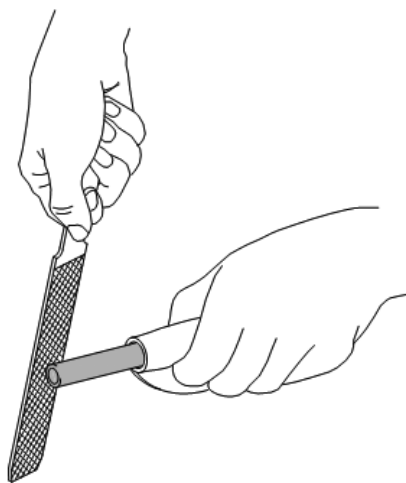


Figura 3-49 Desbarbar el OD con una lima.

La herramienta para desbarbar tubo Swagelok (referencia MS-TDT-24) se utiliza para desbarbar los diámetros interior y exterior de acero y acero inoxidable (o tubo más blando). Para diámetros interior y exterior de tubo desde 4 a 38 mm (3/16 a 1 1/2 pulg.).

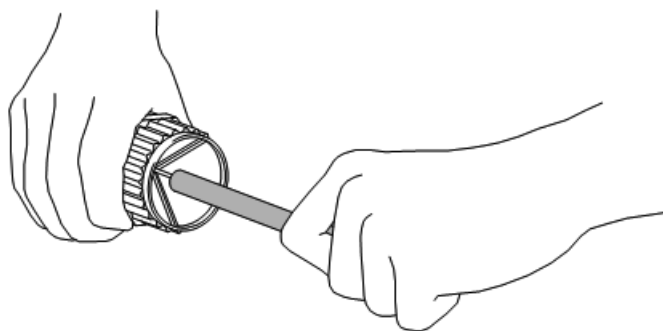


Figura 3-50 Desbarbar el ID con la herramienta para desbarbar Swagelok.

El diámetro interior también se puede desbarbar con la herramienta para desbarbar tubo Swagelok de diseño robusto, para servicio duro y con cuchillas de acero de larga vida de servicio (referencia MS-44CT-27). Esta herramienta se utiliza para desbarbar el diámetro interior del tubo de acero inoxidable de 1/4, 3/8 y 9/16 pulg.

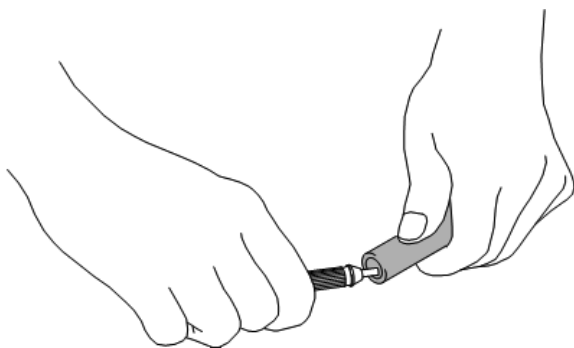


Figura 3-51 Desbarbar el ID con la herramienta para desbarbar Swagelok.

Herramientas para refrentar tubo

Las herramientas Swagelok para refrentar tubo están diseñadas para mecanizar extremos de tubo y accesorios para soldadura de tubo a tope en miniatura Micro-Fit® con un acabado plano y a escuadra, liso, sin rebabas y sin bisel. Pueden mecanizar tubo de acero inoxidable 316, acero al carbono, titanio y la mayoría de aleaciones con base de níquel.

Hay disponibles collarines para asegurar el montaje preciso del tubo de rápida sustitución sin herramientas. Los collarines Micro-Fit necesitan un soporte Micro-Fit que se incluye con cada herramienta.



Figura 3-52.

Para ampliar la información, consulte:



- Herramientas para refrentar tubo ([MS-02-426](#)) y
- Manual del usuario de la herramienta para refrentar tubo ([MS-13-215ES](#)). www.swagelok.com/TFM

Swagelok tiene disponibles cuatro herramientas para adaptarse a la mayoría de necesidades: las series TF16, TF24, TF40 y TF72.

Algunas de las opciones incluyen:

- Tamaños de tubo desde 3 a 114,3 mm y 1/8 a 4 1/2 pulg.
- Máximo espesor de pared de 3 mm o 0,118 pulg.
- Diseño portátil y ligero que facilita el transporte y la operación
- Diseños con cable e inalámbricos
- El avance gradual del eje permite controlar la eliminación del material
- Cuchillas recubiertas de alto rendimiento con dos filos
- Robusto motor industrial de fácil control y ajuste de la velocidad
- No son necesarias herramientas para sustituir los collarines de diferentes tamaños
- Las unidades con cable incluyen un soporte para banco desmontable
- Protección clara en el área de corte para la seguridad del operador
- Soporte opcional para permitir el corte a bisel
- Maleta de almacenamiento y transporte incluida
- Las unidades con el sello CE también incluyen:
 - Baterías de ión litio robustas con visor de capacidad
 - Protección de sobrecarga electrónica con monitor de temperatura integrado
 - Tecnología de enfriamiento por aire que favorece una recarga rápida y una vida más larga

Manipulación de los racores

Los racores Swagelok se entregan completamente montados y apretados a mano, preparados para la instalación inmediata. No desmonte los racores antes de instalarlos. Desmontarlos puede favorecer la introducción de suciedad o cuerpos extraños y dificultar el cierre.

Esta imagen muestra una sección de las férulas en el interior del racor contactando el tubo, y una vista seccionada de la parte frontal de la férula trasera con el proceso de carburización.

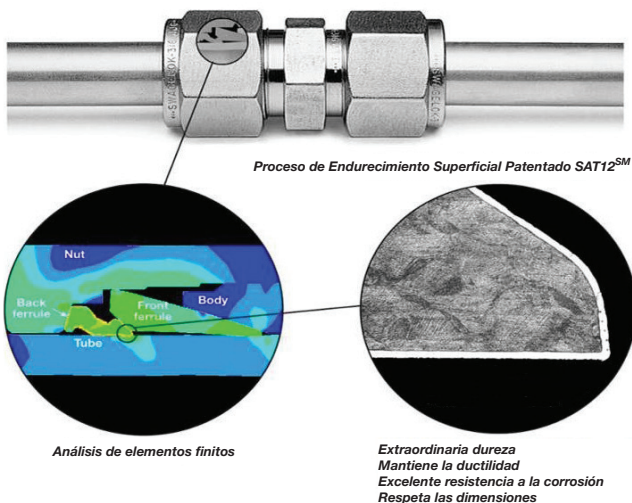


Figura 3-53.

La dispersión es hacia la superficie de la férula; no es una capa aplicada a la superficie. La banda blanca es el efecto consistente del carbono distribuido en la superficie que aporta una extrema dureza, resistencia a la corrosión sin modificar las dimensiones y respetando la ductilidad.

Antes de la instalación:

- Asegúrese de que se haya seleccionado el racor del tamaño correcto para el tubo que esté usando.
- Nunca mezcle componentes métricos con fraccionales.

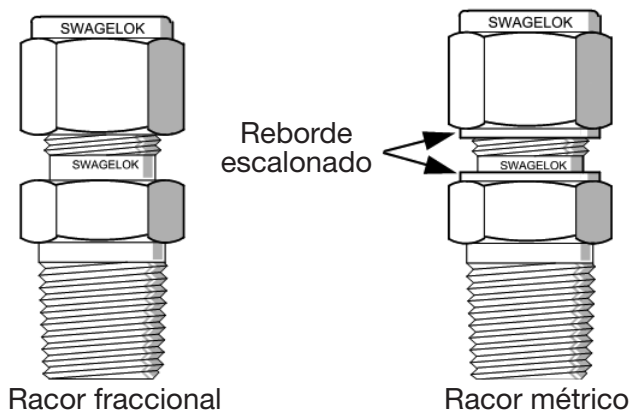


Figura 3-54.

La seguridad en el uso de los racores Swagelok

- No purgue el sistema aflojando la tuerca o el tapón de un racor.
- No instale ni apriete racores cuando el sistema está presurizado.
- Asegúrese de que el tubo se apoya firmemente en el asiento del racor antes de apretar la tuerca.
- Utilice las galgas de inspección Swagelok para asegurar el apriete en la instalación inicial.
- No mezcle los componentes (férulas, tuercas y cuerpos del racor) con los de otros fabricantes.
- No mezcle materiales que no estén expresamente indicados en el catálogo Datos de tubo - Combinaciones diseñadas [MS-06-117](#).
- Nunca apriete un racor girando el cuerpo. Sujete el cuerpo y gire la tuerca.
- No desmonte los racores sin utilizar.
- Utilice los reductores largos únicamente en conexiones hembra Swagelok.

Instalación manual de los racores Swagelok hasta 25 mm o 1 pulg.

Las prácticas seguras y la instalación adecuada son imprescindibles para el rendimiento del racor Swagelok, especialmente en aplicaciones críticas. Para los racores de 16, 18, 20, 22 y 25 mm (5/8, 3/4, 7/8 y 1 pulg), en todos los materiales excepto el aluminio y el latón, la mejor práctica es preensamblar las férulas en el adaptador a tubo utilizando una unidad hidráulica de deformación con matrices intercambiables Swagelok (MHSU), para reducir el tiempo y facilitar la instalación (ver Unidad Hidráulica de Deformación con Matrices Intercambiables (MHSU), Instrucciones de Instalación y Operación, [MS-12-37ES](#)).

1. Introduzca completamente el tubo hasta el fondo del racor; apriete la tuerca a mano.

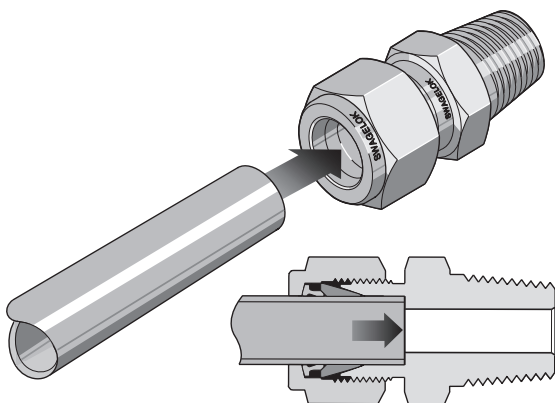


Figura 3-55 Introducir el tubo en el racor.

2. Marque la tuerca en la posición de las 6 en punto.

Esa será la referencia de la posición inicial.

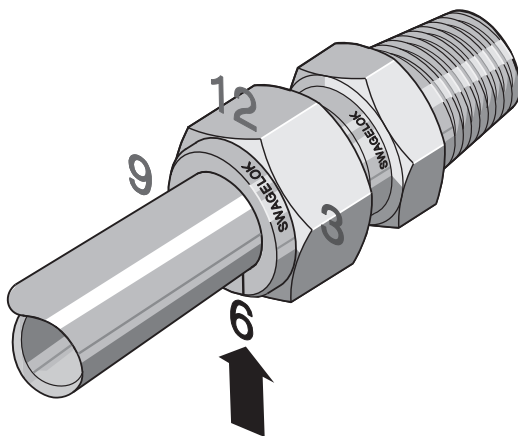


Figure 3-56 Marcar la tuerca a las 6 en punto.

3. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor, apriete la tuerca una vuelta y cuarto hasta la posición de las 9 en punto.

Para los tamaños de 2, 3 y 4 mm y 1/16, 1/8 y 3/16 pulg. apriete la tuerca sólo tres cuartos de vuelta, hasta la posición de las 3 en punto.

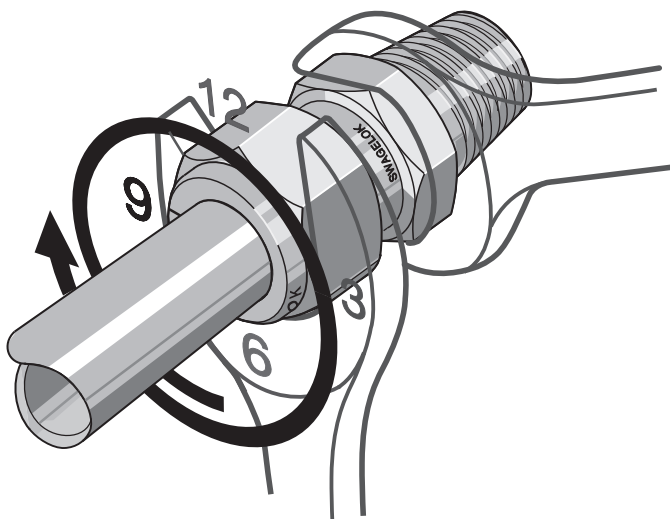


Figura 3-57 Apretar la tuerca una vuelta y cuarto.

Para instalaciones en aplicaciones de alta presión y en sistemas con alto factor de seguridad y tamaños de tubo hasta 25 mm (1 pulg.), vea el Capítulo 4.

Buenas prácticas: La utilización de la Herramienta de profundidad de inserción (DMT)

La herramienta de profundidad de inserción (DMT) Swagelok está diseñada para instalar los racores Swagelok de forma segura. A continuación se explica el procedimiento de uso de la DMT para asegurar la correcta introducción del tubo hasta el fondo, contra el asiento del cuerpo del racor Swagelok.

La DMT solo se debe utilizar con el tubo que se vaya a instalar con los racores Swagelok. Nunca se deben mezclar o intercambiar los componentes de los racores Swagelok con los de otros fabricantes.

Antes de utilizar la DMT se debe cortar limpiamente el tubo y desbarbar los diámetros exterior (OD) e interior (ID).

1. Introduzca el tubo en la DMT hasta que se asiente contra el fondo de la herramienta.

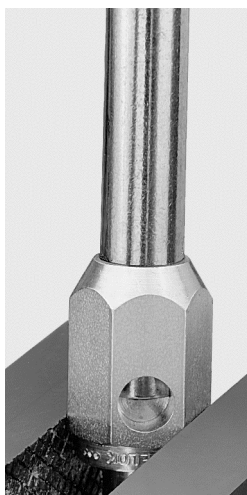


Figura 3-58 Tubo totalmente introducido en la DMT.

2. Marque el tubo en la parte superior de la DMT con un rotulador, lápiz o marcador adecuado. Para marcar cualquier componente de acero inoxidable utilice rotuladores con tinta de bajo contenido en cloruro, especialmente en las aplicaciones nucleares y de alta seguridad. La tinta permanente de muchos rotuladores contiene cloruros, que pueden causar rotura por corrosión bajo tensión en el acero inoxidable austenítico.



Figura 3-59 Marcar el tubo.

3. Retire el tubo de la herramienta e introdúzcalo en el racor Swagelok hasta que se asiente en el fondo. Antes de iniciar el apriete inspeccione la marca del tubo. Si parte o toda la marca realizada en el tubo es visible por encima de la tuerca, indica que el tubo no está totalmente introducido en el interior del racor.



Figura 3-60 Extraer el tubo. **Figura 3-61** Inspección visual de la marca.

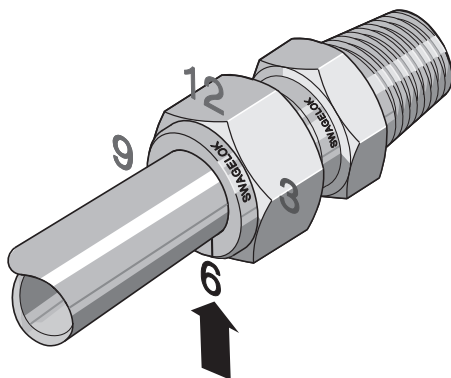


Figure 3-62 Marcar la tuerca a las 6 en punto.

4. Mientras sujeta firmemente el cuerpo, siga las instrucciones para instalar el racor, incluido el uso de la galga de inspección, cuyas instrucciones de uso empiezan en la p. 81.

Buenas prácticas: Rotuladores con bajo contenido en cloruro

La tinta permanente de muchos rotuladores contiene cloruros. Los cloruros son causa de roturas por corrosión bajo tensión en el acero inoxidable austenítico.

Muchos fabricantes de rotuladores ofrecen productos con tinta de bajo contenido en cloruro. Se aconseja utilizarlos para marcar cualquier componente de acero inoxidable, especialmente si se van a instalar en aplicaciones nucleares y de alta seguridad.

Inspección sin desmontaje

No es necesario desmontar los racores Swagelok para inspeccionar la conexión tras la instalación. Ensayos minuciosos y la práctica real han probado que no es necesario el desmontaje, siempre que el racor se haya instalado según las instrucciones de instalación.

Galgabilidad: Instalación manual

En la instalación inicial, o utilizando la herramienta de preensamblaje, la galga de inspección Swagelok asegura al instalador o al inspector que los racores están suficientemente apretados.

*Las galgas de inspección **no** se deben utilizar en conexiones reutilizadas.*

Las galgas de inspección fabricadas para tamaños individuales pueden usarse para inspeccionar racores instalados usando cualquier método de instalación.

- El extremo más grueso de la galga se utiliza para racores instalados usando el método de instalación desde la posición de apretado a mano.
- El extremo más delgado de la galga se utiliza para racores instalados usando métodos de instalación para aplicaciones de alta presión y factor de seguridad alto, para asegurar al instalador o al inspector que el racor ha sido suficientemente apretado en la instalación inicial.

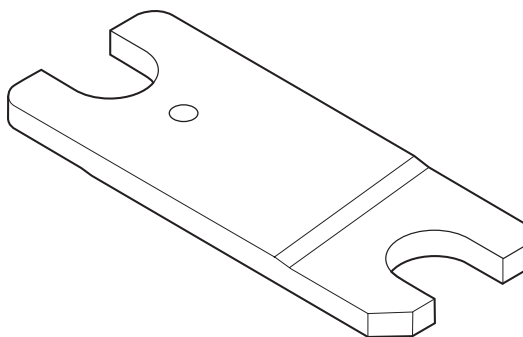


Figura 3-63 Galga de inspección de dos caras para racores instalados manualmente.

Las galgas de varios lados ofrecen cuatro galgas en una (tamaños métricos de 6, 8, 10 y 12 mm) o tres galgas en una (tamaños fraccionales de 1/4, 3/8 y 1/2 pulg.).

Estas galgas pueden usarse para inspeccionar los aprietes iniciales de racores instalados usando el método de instalación desde la posición de apretado a mano.

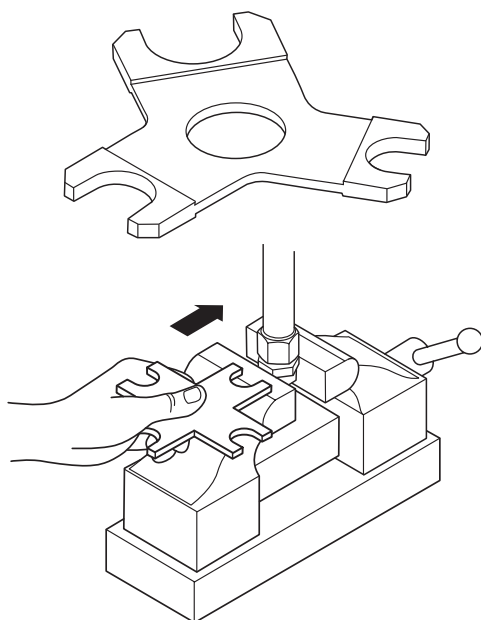


Figura 3-64 Galgas de inspección de varios lados.

Cómo se utiliza la galga de inspección



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre el procedimiento. www.swagelok.com/TFM

Sitúe la galga de inspección Swagelok frente al espacio que hay entre la tuerca y el cuerpo e intente introducirla suavemente.

Asegúrese de que la galga que está usando coincide tanto con el tamaño del racor que está inspeccionando como con el método de instalación utilizado.

PRECAUCIÓN:  **Antes de ajustar el apriete de un racor, debe despresurizar siempre el sistema.**

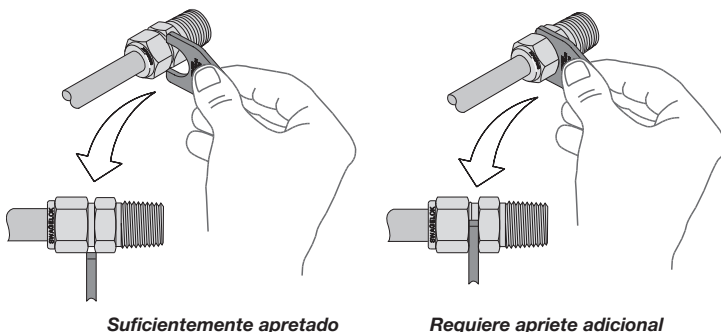


Figura 3-65 Procedimiento de la galga de inspección.

- Si la galga no entra en el espacio, el racor está suficientemente apretado.
- Si la galga entra en el espacio, se requiere un apriete adicional.

Reutilización

Los racores Swagelok se pueden desinstalar y reutilizar muchas veces.

PRECAUCIÓN:  **Antes de desinstalar un racor Swagelok debe despresurizar siempre el sistema.**

No utilice la galga de inspección Swagelok en racores reutilizados.

Procedimiento de reutilización



Para ampliar la información, por favor, vea este vídeo sobre el procedimiento. www.swagelok.com/TFM

1. Antes de desmontar el racor, marque el tubo por detrás de la tuerca; trace también una línea uniendo los hexágonos de la tuerca y del cuerpo. *Estas marcas le permitirán volver a apretar la tuerca hasta la posición previa cuando reutilice el racor.*

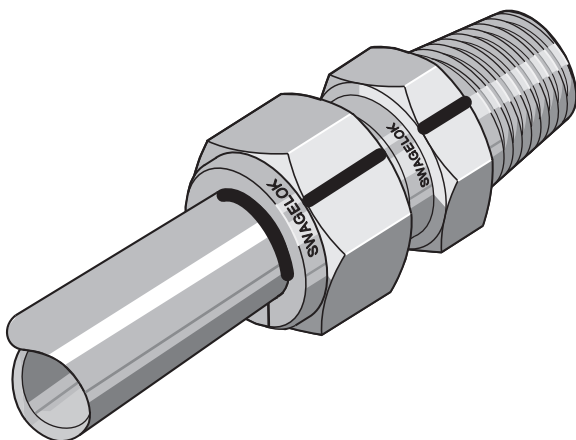


Figura 3-66 Antes de desmontar el racor, marcar el tubo y los hexágonos.

2. Introduzca el tubo o el adaptador a tubo con las férulas preensambladas en el cuerpo del racor, hasta que la férula delantera se asiente contra el cuerpo del racor.

Para tamaños de más de 25 mm / 1 pulg.: Si es necesario vuelva a lubricar ligeramente las roscas del cuerpo y la superficie posterior de la férula trasera.

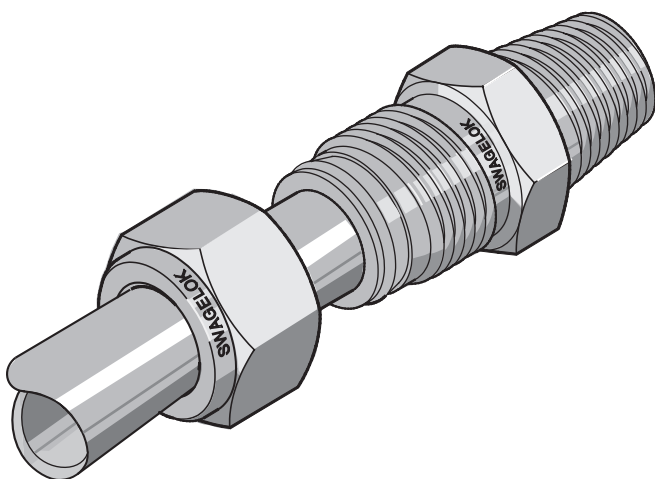


Figura 3-67 Introducir el tubo con las férulas preensambladas en el cuerpo del racor.

3. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor gire la tuerca con una llave hasta la posición previa, observando las marcas del tubo y los hexágonos. En este punto encontrará un ligero aumento de la resistencia. Apriete entonces ligeramente la tuerca.

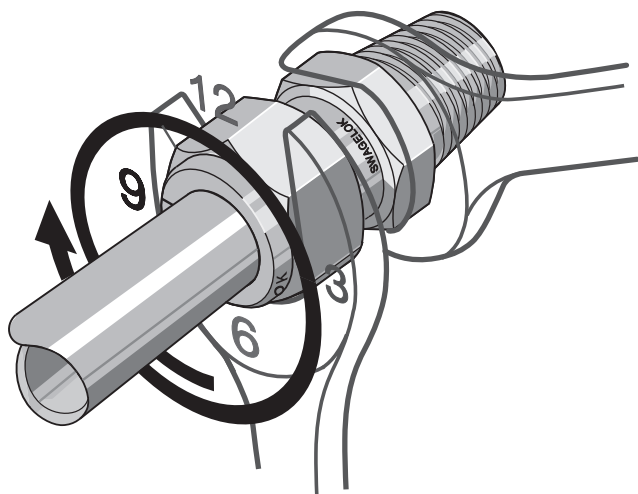


Figure 3-68 Gire la tuerca hasta la posición previa y apriétela ligeramente.

Herramientas de preensamblaje

La herramienta de preensamblaje Swagelok es un cómodo accesorio que facilita la instalación de los racores Swagelok en lugares con poco espacio, permitiendo hacer el trabajo de predeformación de las férulas sobre el tubo en un área más abierta o segura. Tras el uso de la herramienta, siga las instrucciones de reutilización indicadas anteriormente.

- Las herramientas de preensamblaje tienen una vida útil. Si las utiliza frecuentemente, solicite a su representante de Swagelok una revisión.
- La suciedad, virutas y otros cuerpos metálicos pueden interferir con la adecuada acción de deformación. La herramienta se debe limpiar a fondo tras cada uso.

La operación de preensamblaje

Esta ilustración muestra una unión conectada a una gran altura sobre el suelo. Si hubiese que conectar un tramo de tubo, sería difícil apretar la segunda conexión de la unión.

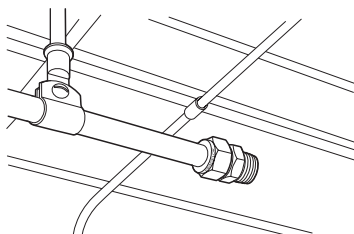


Figura 3-69.

Instale las férulas y la tuerca Swagelok en la herramienta de preensamblaje. Introduzca el tubo en la herramienta a través de las férulas hasta que se asiente firmemente en el asiento del cuerpo de la herramienta. Apriete la tuerca una vuelta y cuarto desde la posición de apretado a mano (los tamaños de 2, 3 y 4 mm; 1/16, 1/8 y 3/16 pulg. solo necesitan tres cuartos de vuelta).

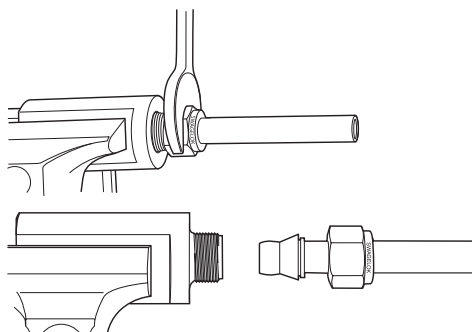


Figura 3-70.

Afloje la tuerca y extraiga el tubo con las férulas preensambladas de la herramienta.

Ahora se puede hacer la conexión siguiendo las instrucciones de reutilización.

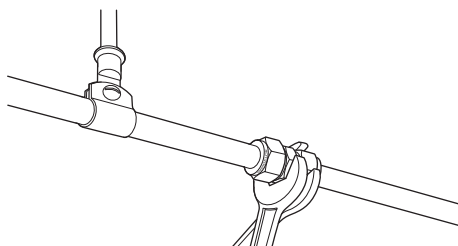


Figura 3-71.

Instalación completada.

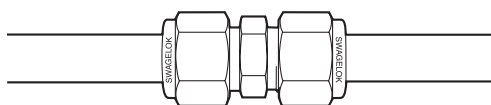


Figura 3-72.

NOTA: El tubo demasiado ancho o demasiado blando puede ocasionalmente adherirse a la herramienta. En ese caso, retire el tubo moviéndolo suavemente adelante y atrás. *No gire o tuerza* el tubo con alicates u otras herramientas porque se pueden dañar las superficies de cierre.

Deformación hidráulica utilizando la Unidad Hidráulica de deformación actuada neumáticamente

La Unidad hidráulica de deformación actuada neumáticamente (AHSU) Swagelok con matrices intercambiables puede deformar las férulas de racores Swagelok de 6 a 12 mm y de 1/4 a 1/2 pulg.; no debe utilizarse con los Adaptadores a tubo ni con conexiones con férulas mecanizadas.



Para ampliar la información, consulte el manual Unidad hidráulica de deformación actuada neumáticamente (AHSU) Instrucciones de instalación y operación ([MS-12-38ES](#)).
www.swagelok.com/TFM

Si se utiliza adecuadamente, la AHSU produce conexiones Swagelok 100% galgables en la instalación inicial. Además, la AHSU:

- No provoca ningún tipo de fatiga inicial sobre las roscas de la tuerca ni del cuerpo, ni sobre las superficies de cierre del cuerpo.
- No necesita que se rosque la tuerca en la matriz.
- Reduce el tiempo de montaje e instalación y los errores de los operarios.

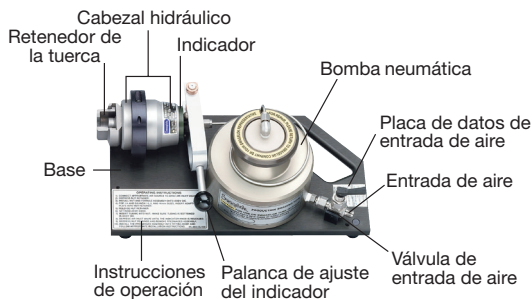


Figura 3-73.

Deformación hidráulica utilizando la Unidad Hidráulica de deformación con matrices intercambiables

La Unidad Hidráulica de deformación con matrices intercambiables (MHSU) produce conexiones Swagelok 100% galgables en la instalación inicial.

La MHSU Swagelok está disponible con matrices intercambiables para instalar racores en tubo desde 12 a 50 mm y 1/2 a 2 pulg. DEBE ser utilizada para instalar racores Swagelok de 28, 30, 32, 38 y 50 mm, y de 1 1/4, 1 1/2 y 2 pulg. Además, la MHSU también puede utilizarse para instalar racores Swagelok en conexiones finales mediante adaptadores a tubo desde 12 mm o 1/2 pulg. hasta 25 mm o 1 pulg.



Consulte el manual Unidad Hidráulica de deformación con matrices intercambiables (MHSU) Instrucciones de instalación y operación ([MS-12-37ES](#)). www.swagelok.com/TFM

Además, la MHSU:

- No provoca ningún tipo de fatiga inicial en las roscas del cuerpo ni en las superficies de cierre del cuerpo.
- Permite marcar el tubo para asegurar su correcta introducción hasta el fondo, en el asiento de la unidad.
- Reduce el tiempo de ensamblaje e instalación.

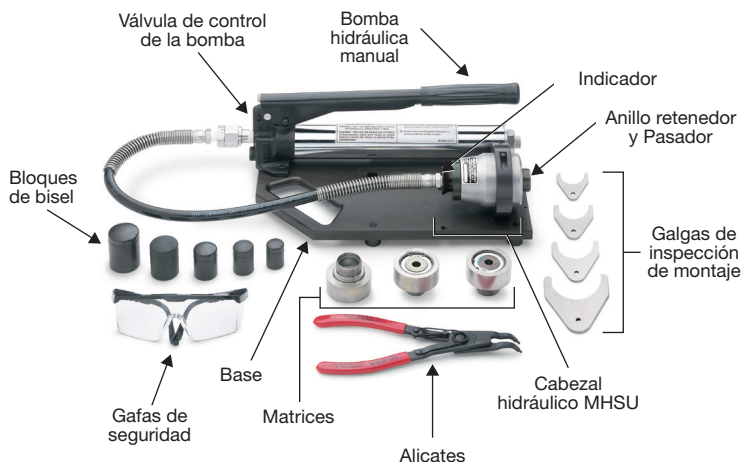


Figura 3-74.

Espesor de pared mínimo sugerido del tubo a utilizar con la MHSU

El tubo de espesor de pared inferior al sugerido puede quedar atascado en la matriz.

Racores Swagelok		
Tamaño de la matriz	Acero al Carbono, Aleación 400, Titanio Grado 2	Acero Inoxidable 316, Aleación (600, 6-Moly, 825 y 625)
	Pared del tubo	
Dimensiones, pulg.		
1/2	0,049	0,065
5/8	0,065	
3/4		
7/8		
1	0,083	0,083
1 1/4		0,095
1 1/2		
2	0,095	0,109

Racores Swagelok		
Tamaño de la matriz	Acero al Carbono, Aleación 400, Titanio Grado 2	Acero Inoxidable 316, Aleación (600, 6-Moly, 825 y 625)
	Pared del tubo	
	Dimensiones, mm	
12	1,5	1,5
14		1,8
15		
16		
18	2,0	2,0
20		
22		
25		
28	2,2	2,2
30		
32		
38		2,5
50		

Para otros materiales contacte con su Centro local autorizado de ventas y servicio Swagelok.

Mezcla/intercambio de los componentes Swagelok

Los cierres estancos, que deben soportar alta presión, vibraciones, vacío y cambios de temperatura, dependen de tolerancias estrictas y controles de calidad consistentes combinados con buenos principios de diseño. La interacción crítica de los componentes es básica para la fiabilidad y seguridad. Hay componentes de otros fabricantes que pueden parecerse a los componentes Swagelok, pero no pueden ser fabricados de acuerdo a las normas de ingeniería de Swagelok, como tampoco se pueden beneficiar de las innovaciones en diseño y fabricación definidas por 100 patentes activas de racores Swagelok publicadas en todo el mundo.

■ Intercambio

Un racor de un fabricante instalado en tubo puede desmontarse, y el tubo, tuerca y férulas de ese racor puede instalarse en el cuerpo de otro fabricante.

■ Mezcla

Los componentes de los racores como la tuerca, férulas y cuerpos de dos o más fabricantes mezclados se ensamblan para dar lugar a otro racor completo.

■ Swagelok recomienda NO mezclar/intercambiar los componentes Swagelok con los de otros fabricantes.

- No existe ninguna norma de diseño industrial sobre los racores para tubo de dos férulas. Cada empresa fabrica sus componentes según sus propias normas de diseño, y no según ninguna normativa aceptada.
- La mezcla e intercambio de componentes de racores puede tener un rendimiento impredecible, provocar emisiones medioambientales, puede incrementar los costes y puede ser peligrosa en aplicaciones críticas.

La Garantía Limitada Vitalicia Swagelok

Los productos Swagelok están respaldados por la Garantía Limitada Vitalicia Swagelok. Para obtener una copia contacte con su representante autorizado de Swagelok.

Herramientas de configuración del sistema

Instalación de un adaptador a tubo Swagelok

La conexión final mediante Adaptador a tubo Swagelok está diseñada para conectar un racor Swagelok de forma muy parecida a la conexión a tubo.

Los adaptadores a tubo se entregan en dos formatos dependiendo del diámetro:

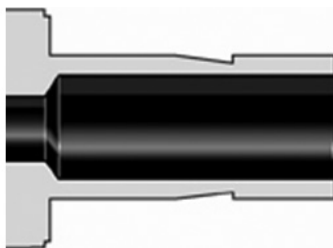


Figura 3-75 Adaptador a tubo Swagelok (diámetros hasta 25 mm o 1 pulg. incluidos).

- Los adaptadores a tubo hasta 25 mm/1 pulg., ambos tamaños incluidos, tienen una ranura.

La ranura está preparada para recibir las férulas durante la instalación. Simula la acción de las férulas para que funcionen como lo harían en un tubo recocido.

- Los adaptadores a tubo de más de 25 mm/1 pulg. se entregan con la tuerca y las férulas preensambladas.

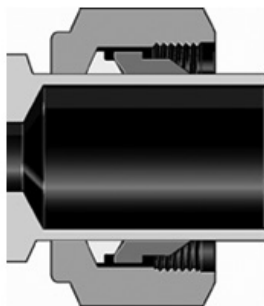


Figura 3-76 Adaptador a tubo Swagelok (diámetros superiores a 25 mm/1 pulg.)

Adaptadores a tubo hasta 25 mm/1 pulg.

Las prácticas seguras y la instalación adecuada son imprescindibles para el rendimiento del racor Swagelok, especialmente en aplicaciones críticas. Para los racores de 16, 18, 20, 22 y 25 mm (5/8, 3/4, 7/8 y 1 pulg.), en todos los materiales excepto el aluminio y el latón, la mejor práctica es preensamblar las férulas en el adaptador a tubo utilizando una unidad hidráulica de deformación con matrices intercambiables Swagelok (MHSU), para reducir el tiempo y facilitar la instalación (ver Unidad Hidráulica de Deformación con Matrices Intercambiables (MHSU), Instrucciones de Instalación y Operación, [MS-12-37ES](#)).

1. Instale primero el extremo opuesto al del adaptador a tubo.

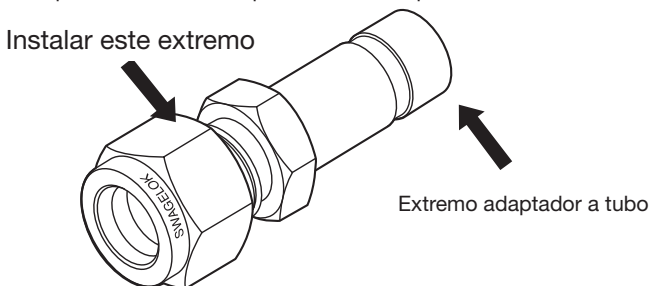


Figura 3-77 Instalar primero el extremo opuesto al del adaptador a tubo.

2. Introduzca el adaptador a tubo en el racor Swagelok. Asegúrese de que el adaptador a tubo se asienta firmemente en el fondo del cuerpo del racor y de que la tuerca está apretada a mano.
3. Marque la tuerca en la posición de las 6 en punto.
4. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor, apriete la tuerca una vuelta y cuarto hasta la posición de las 9 en punto.



Figura 3-78 Introducir el adaptador a tubo en el racor Swagelok.

Para los tamaños de 2, 3 y 4 mm y 1/16, 1/8 y 3/16 pulg. apriete la tuerca sólo tres cuartos de vuelta, hasta la posición de las 3 en punto.

Adaptadores a tubo superiores a 25 mm/1 pulg.

Instale primero el extremo opuesto al del adaptador a tubo.

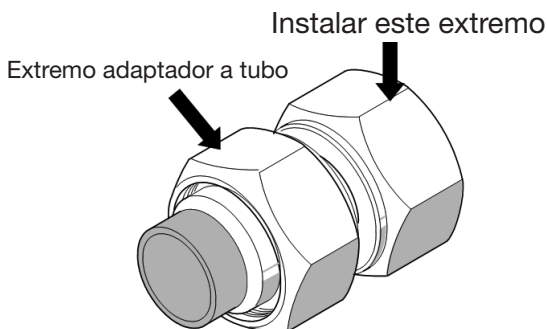


Figura 3-79 Instalar primero el extremo opuesto al del adaptador a tubo.

1. Los adaptadores a tubo de más de 25 mm/1 pulg. se entregan con la tuerca y las férulas preensambladas. Desmonte la tuerca y las férulas del racor Swagelok.
2. Aplique ligeramente el lubricante incluido con el racor a la rosca del cuerpo del racor Swagelok.

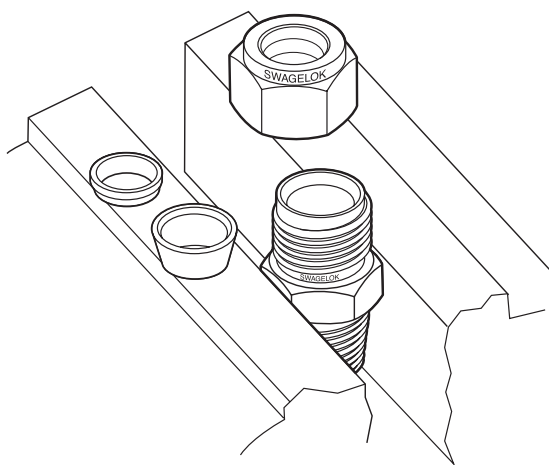


Figura 3-80 Retirar la tuerca y las férulas del racor.

3. Introduzca el tubo con las férulas preensambladas en el racor hasta que la férula delantera se asiente contra el cuerpo; apriete la tuerca a mano.

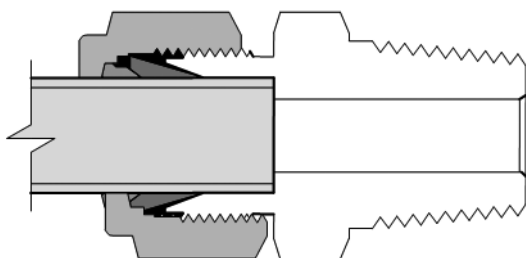


Figura 3-81 Asegurar que el adaptador a tubo se asienta firmemente en el fondo del cuerpo del racor.

4. Marque la tuerca en la posición de las 6 en punto.
5. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor, apriete la tuerca media vuelta hasta la posición de las 12 en punto.

No utilice la galga de inspección Swagelok al instalar adaptadores a tubo preensamblados de más de 25 mm/1 pulg.

Instalación de una conexión final con férula mecanizada Swagelok

Durante la instalación, la tuerca empuja de una forma segura la férula mecanizada contra el asiento del racor. Esto proporciona un cierre sin fugas.

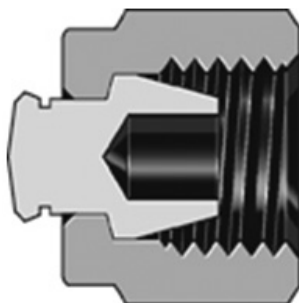


Figura 3-82 Férula mecanizada Swagelok.

La conexión final con férula mecanizada se encuentra habitualmente en dos componentes:

- Tapón para racor
- Tubo manguito conector

Cada uno de ellos requiere una preparación ligeramente diferente para la instalación:

Tapón para racor

1. Desmonte y retire la tuerca y las férulas del racor Swagelok.

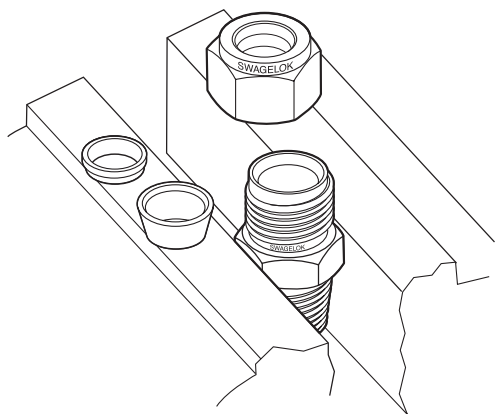


Figura 3-83 Retirar la tuerca y las férulas del racor.

2. Gire y apriete la tuerca a mano en el cuerpo del racor.

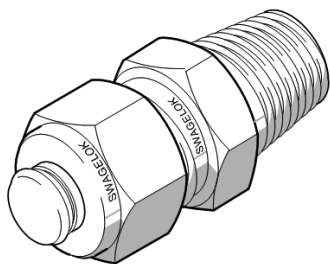


Figura 3-84 Instalar y apretar a mano la tuerca en el cuerpo del racor.

3. Mientras sujeta el cuerpo firmemente, apriete la tuerca un cuarto (1/4) de vuelta.

Para racores de 2, 3 y 4 mm; 1/16, 1/8 y 3/16 pulg. apriete la tuerca sólo un octavo (1/8) de vuelta.

Para racores de más de 25 mm/1 pulg., consulte la página 63 del [MS-01-140ES](#).

No utilice la galga de inspección Swagelok en instalaciones de tapones para racor.

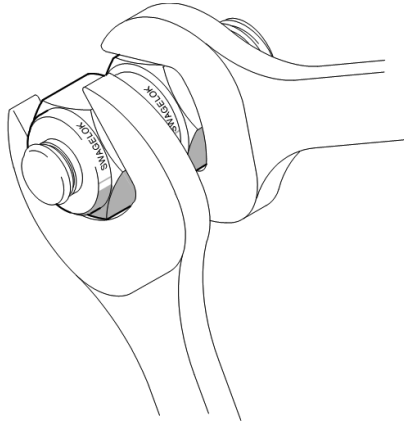


Figura 3-85 Apretar la tuerca.

Tubo manguito conector

Extremo con férula mecanizada

1. Desmonte la tuerca y las férulas del racor Swagelok. Aparte las férulas.

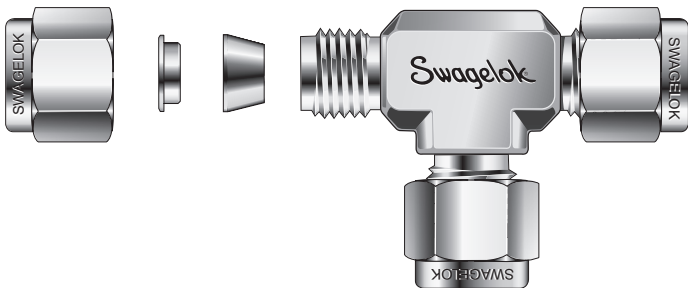


Figura 3-86 Retirar la tuerca y las férulas del racor.

2. Introduzca el tubo manguito conector por el interior de la tuerca.

Para tamaños de más de 25 mm / 1 pulg.:

La tuerca está preensamblada en el tubo manguito conector.

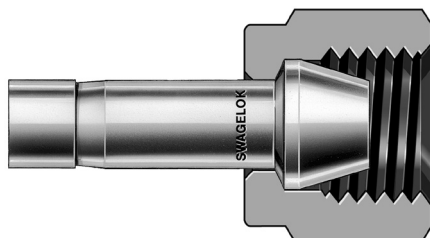


Figura 3-87 Hasta 25 mm/1 pulg.

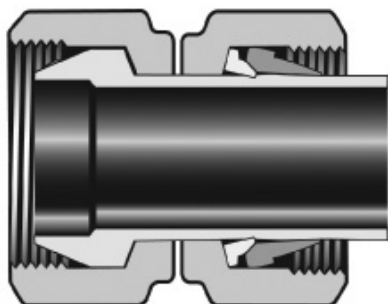


Figura 3-88 Más de 25 mm/1 pulg.

3. Inserte el tubo manguito conector en la conexión final y apriete la tuerca a mano.

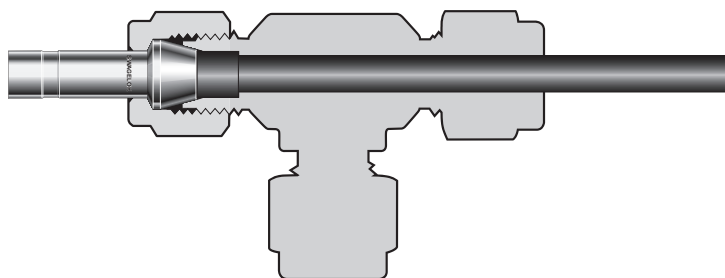


Figura 3-89 Introducir el tubo manguito conector.

2. Marque la tuerca en la posición de las 6 en punto. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor, apriete la tuerca una vuelta y cuarto hasta la posición de las 9 en punto.

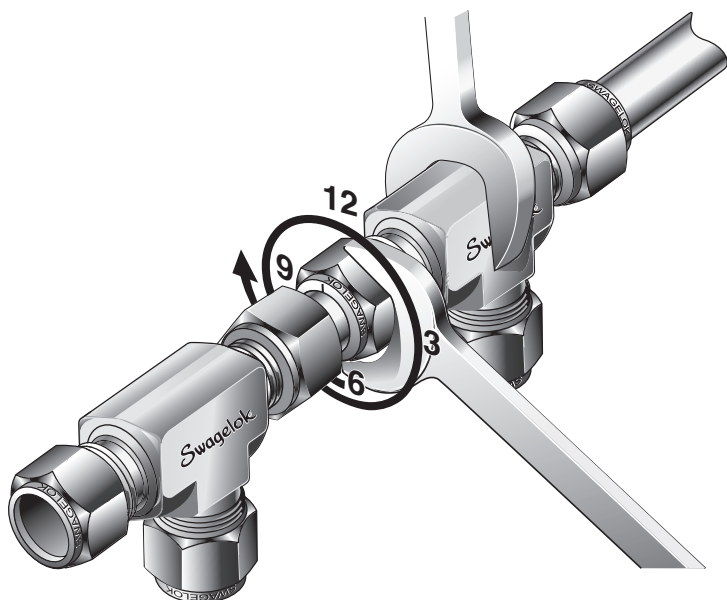


Figura 3-91.

Para los tamaños de 2, 3 y 4 mm y 1/16, 1/8 y 3/16 pulg. apriete la tuerca sólo tres cuartos de vuelta, hasta la posición de las 3 en punto.

Para racores preensamblados de más de 25 mm/1 pulg. apriete la tuerca sólo media vuelta, hasta la posición de las 12 en punto.

No utilice la galga de inspección Swagelok al instalar adaptadores a tubo preensamblados de más de 25 mm/1 pulg.

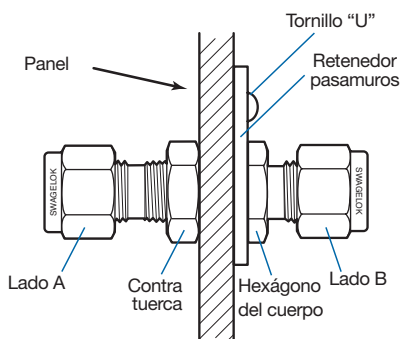
Conexiones pasamuros

Uniones



Figura 3-92.

Las conexiones pasamuros permiten transferir fluidos a través de los paneles.



Instalación de un racor pasamuros con retenedor

Figura 3-93.



Para ampliar la información consulte el catálogo Swagelok Racores galgables y Adaptadores, [MS-01-140ES](#).
www.swagelok.com/TFM

Puertos con rosca SAE o MS paralela (Instalación)

Los equipos hidráulicos suelen utilizar puertos con rosca SAE/MS paralelas en lugar de roscas cónicas. Este tipo de puertos necesitan un racor Swagelok de cierre con junta tórica. Hay una gran diversidad de racores, adaptadores, reductores y tapones Swagelok con roscas paralelas SAE/MS disponibles de inmediato en acero al carbono, acero inoxidable y otras aleaciones.



Para ampliar la información consulte el catálogo Swagelok Racores galgables y Adaptadores, [MS-01-140ES](#).
www.swagelok.com/TFM

Los racores con rosca paralela incorporan una junta tórica que es guiada contra el puerto cónico para crear el cierre.

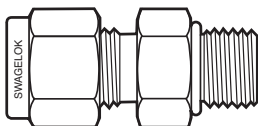


Figura 3-94 Conector macho SAE/MS.

Los codos y tes orientables tienen una rosca macho alargada, una contratuerca, arandela y junta tórica de elastómero.

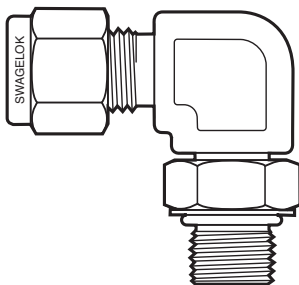


Figura 3-95 Codo macho orientable 90° SAE/MS.

1. Lubrique la junta tórica con un lubricante compatible con el fluido del sistema, entorno y material de la junta tórica. (El material estándar de la junta tórica es el FKM fluorocarbono. Hay otros materiales disponibles a petición.)
2. Conecte el extremo orientable a la rosca hembra hasta que la arandela de sujeción haga contacto con la cara del racor forzando la junta tórica contra el puerto cónico.
3. Desenrosque el extremo orientable (no más de una vuelta) hasta que el racor Swagelok esté correctamente orientado.
4. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor, apriete la contratuerca de bloqueo hasta que la arandela de sujeción haga contacto con la cara del racor forzando la junta tórica contra el puerto cónico.

Para las especificaciones sobre el par de apriete de la instalación, contacte con su Centro autorizado de ventas y servicio Swagelok.

Codos y tes orientables con rosca SAE/MS paralela (Instalación)

Los codos y tes orientables son compatibles con las roscas hembras paralelas para junta tórica SAE J1926 o MS16142.

NOTA: Aunque los puertos con junta tórica son un excelente cierre estanco, recuerde que las juntas tóricas tienen algunas desventajas inherentes:

- Algunos elastómeros son atacados por los sistemas de fluidos.
- Esos elastómeros a veces se endurecen y se rompen bajo condiciones de campo particulares. Se deben tener en cuenta tanto el fluido del sistema como el entorno.
- Los elastómeros son fácilmente dañados por superficies afiladas, rebabas o virutas.
- Para instalar los puertos SAE/MS son necesarias herramientas especiales.

Cierres con junta tórica

Los racores con junta tórica incorporan una junta tórica de Buna N de dureza 70. Otros racores con rosca paralela incorporan una junta tórica de FKM fluorocarbono de dureza 90. Y hay juntas tóricas de otros materiales disponibles. Las juntas tóricas están recubiertas con una delgada película de lubricante con base de silicona. Si se elimina el lubricante aplicado en fábrica se puede alterar su rendimiento.

Racores para tubo de media presión, serie FK

El sencillo diseño de dos piezas de los racores y adaptadores de media presión Swagelok, consiste en el cuerpo de un racor hembra y un cartucho preensamblado que contiene la tuerca macho y las férulas delantera y trasera codificadas con colores en un dispensador de plástico desechable. El cartucho preensamblado garantiza la orientación correcta de las férulas, la confirmación visual de la presencia de las mismas y la instalación correcta en el cuerpo hembra. Los componentes sólo se liberan al roscar la tuerca a mano en el cuerpo del racor. Los racores Swagelok para media presión ofrecen un excelente cierre en gas y resistencia a las vibraciones en aplicaciones hasta 1378 bar (20 000 psig).

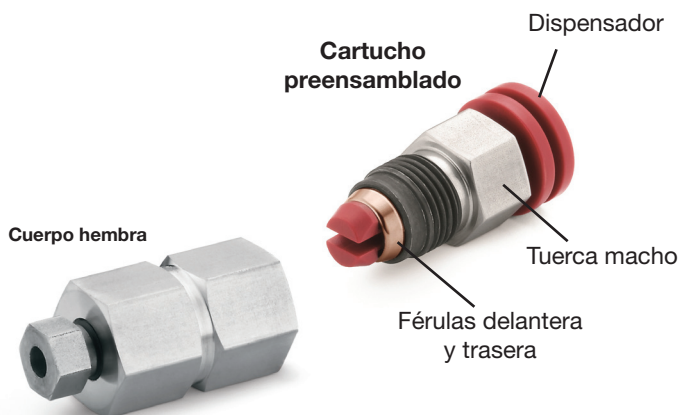


Figura 3-96.



Consulte el catálogo Swagelok Accesorios, tubo, válvulas y herramientas para media y alta presión [MS-02-472ES](https://www.swagelok.com/TFM) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Productos para media y alta presión: Serie IPT

La serie IPT es una amplia línea de racores, válvulas y otros dispositivos de control de los fluidos para presión media a alta.



Figura 3-97.

Formación y aprendizaje

Con su representante autorizado de Swagelok para ampliar la información sobre el curso *Productos IPT para media y alta presión*.

Accesorios con cono y rosca, Serie IPT

Los accesorios con cono y rosca Swagelok IPT están disponibles en diseños para media y alta presión. Los accesorios de media presión están diseñados para soportar presiones hasta 1387 bar (20 000 psig) y están disponibles en una variedad de tamaños desde 1/4 a 1 1/2 pulg.

Los accesorios de alta presión pueden adaptarse a presiones hasta 4137 bar 60 000 psig y están disponibles en tamaños desde 1/8 a 1 pulg.

El material de construcción de ambos tipos de accesorios es el acero inoxidable 316 trabajado en frío. Este es el material requerido para una mayor resistencia a la tracción en aplicaciones de alta presión.



Figura 3-98.

Los accesorios con cono y rosca tienen tres componentes básicos. Estos son, el manguito, el collarín y el cuerpo. Estos componentes trabajan en combinación con un tubo con cono mecanizado y roscado para crear un cierre sin fugas. Los accesorios con cono y rosca cierran en la superficie de contacto entre el ángulo del tubo con cono mecanizado y el ángulo del asiento del cuerpo del racor.

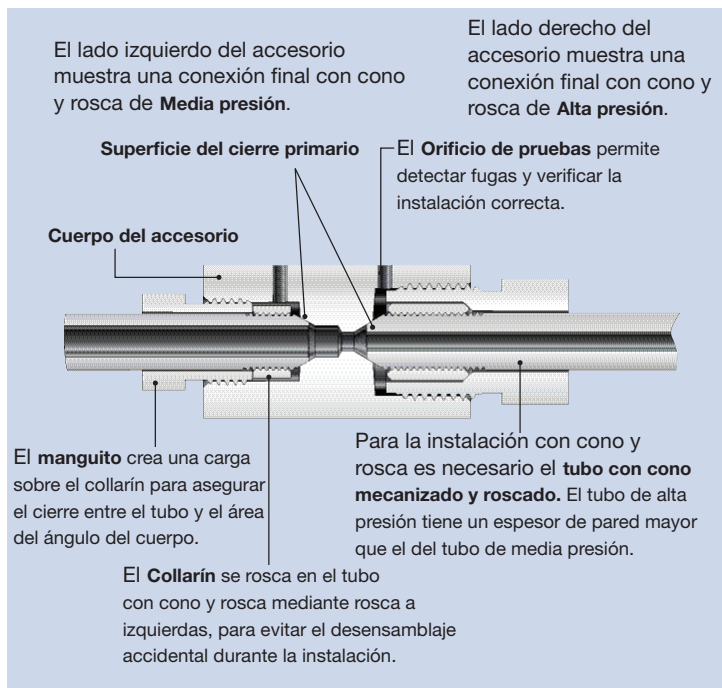


Figura 3-99.

Montaje

La operación segura y sin fugas de cualquier instalación de media y alta presión depende de la correcta preparación e instalación de las conexiones roscadas y conificadas.

Estas instrucciones son aplicables a los accesorios con cono mecanizado y rosca de media presión de tamaños de 1/4, 3/8, 9/16, 3/4 y 1 pulg. y a los accesorios con cono mecanizado y rosca de alta presión de tamaños de 1/4, 3/8 y 9/16 pulg.

1. Lubrique todas las roscas macho con un lubricante antiagarrotamiento como el lubricante Goop™ Swagelok. Lubrique el extremo cónico del tubo con un lubricante compatible con el sistema.

2. Introduzca el tubo con cono y rosca (C&T) en el manguito.
3. Rosque el collarín en sentido antihorario (rosca a izquierdas) en el tubo con cono y rosca.
4. Continúe roscando hasta que queden expuestos uno o dos hilos enteros de la rosca del lado cónico del tubo. Eso indicará la correcta posición del collarín.
5. Introduzca el tubo con cono y rosca con el collarín en el cuerpo del racor.
6. Asegúrese de que el extremo cónico del tubo se asienta firmemente contra el asiento cónico del cuerpo del racor.
7. Rosque el manguito en el cuerpo del racor y apriételo a mano. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del accesorio, apriete el manguito hasta el par necesario mostrado aquí.

Tamaño del accesorio pulg.	Par de apriete N·m (Pies·pulg.)
1/4	27,2 (20)
3/8	40,7 (30)
9/16	74,6 (55)
3/4	123 (90)
1	204 (150)

Accesorio de media presión con cono y rosca

Tamaño del accesorio pulg.	Par de apriete N·m (Pies·pulg.)
1/4	33,9 (25)
3/8	67,8 (50)
9/16	150 (110)

Accesorio de alta presión con cono y rosca



Consulte el catálogo Swagelok Accesorios, tubo, válvulas y herramientas para media y alta presión [MS-02-472ES](https://www.swagelok.com/TFM) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Conexiones con rosca cónica (Instalación)

Las conexiones con rosca cónica son la conexión más común en la industria. Las roscas cónicas siempre necesitan un sellante porque su diseño crea espacios entre la rosca macho y hembra.

Conexiones finales Swagelok con roscas cónicas

Swagelok fabrica conexiones finales con dos tipos de roscas cónicas.

- Las conexiones finales Swagelok NPT se fabrican con roscas cónicas NPT.
- Las conexiones finales Swagelok RT se fabrican con roscas cónicas ISO 7/1.

NPT (National Pipe Tapered)

- Ángulo de la rosca $5\ 1^{\circ}47'$
- Truncado de las crestas y valles **plano**
- Paso de rosca medido en **hilos por pulgada**
- Ángulo de los hilos **60°**

ISO 7/1

- Ángulo de la rosca $5\ 1^{\circ}47'$
- Truncado de crestas y valles **redondeado**
- Paso de rosca medido en **hilos por pulgada**
- Ángulo de los hilos, **55°**

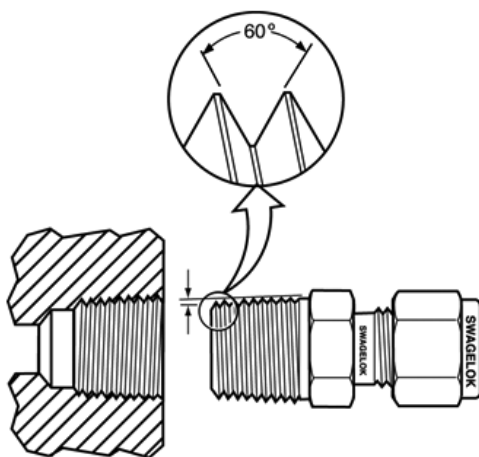


Figura 3-100.

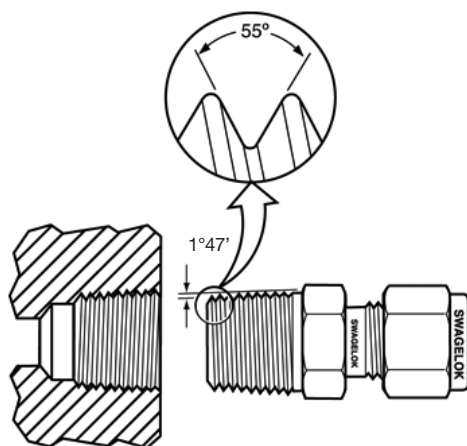


Figura 3-101.

Marcado del producto: Conexiones finales RT y NPT

RT

Todos los productos con conexión final Swagelok RT están marcados con **ISO7**.

Los accesorios con conexión final RT y cualquier configuración de racor o adaptador a tubo Swagelok también llevan estampado **RT** en la cara del hexágono.

NPT

Las conexiones NPT de los componentes Swagelok normalmente no están marcadas.

Aunque los accesorios Swagelok con las dos conexiones finales NPT y RT llevan el estampado **NPT** e **ISO7** identificando claramente con flechas qué tipo de rosca es cada conexión final.

Sellantes para roscas

Instalación de racores con rosca

Un buen cierre depende de multitud de variables, incluyendo la calidad y limpieza de las roscas, la temperatura, el material del componente, el par de apriete, el peso específico del fluido del sistema y las presiones de operación del sistema.

Al instalar un producto Swagelok con una conexión final roscada, ésta debe instalarse siempre en primer lugar debido a la rotación necesaria para conectar la rosca.

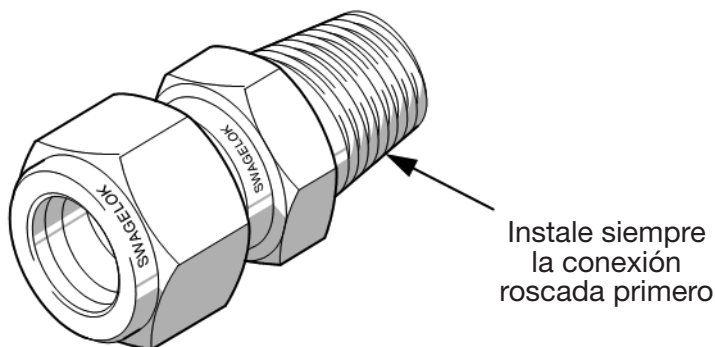


Figura 3-102.

Sellante para roscas

Las roscas cónicas siempre necesitan un sellante para cerrar los sistemas de fluidos y prevenir el gripado durante la instalación.

La cinta de PTFE y los productos líquidos Swagelok como la pasta sellante anaeróbica SWAK™ y la pasta sellante sin teflón PTFE-Free ayudan a sellar y lubricar adecuadamente las roscas cónicas.

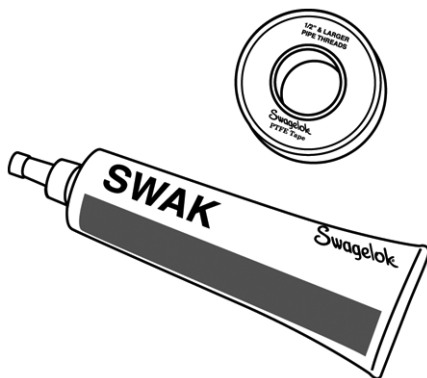


Figura 3-103.

Cinta Swagelok de PTFE

Para servicio hasta 232°C (450°F), la cinta de PTFE Swagelok ayuda a conseguir conexiones sin fugas. La cinta se aplica alrededor de los hilos de las roscas macho. Al apretar la rosca, la cinta de PTFE rellena los huecos de los flancos, crestas y valles para efectuar el cierre.

La cinta de PTFE Swagelok es conforme a la normativa norteamericana sobre Descripción de ítems comerciales A-A-58092 que especifica las propiedades químicas, de densidad y elásticas de la cinta de PTFE aprobadas por las agencias gubernamentales de los EE.UU.

SWAK Swagelok

La pasta sellante para roscas SWAK Swagelok crea cierres fiables en roscas cónicas metálicas en servicio a temperaturas entre -53 y 176°C (-65 y 350°F). También actúa como lubricante durante el ensamblaje, resistiendo el gripado o agarrotamiento de las roscas. SWAK es una pasta que se aplica a las roscas macho. Una vez roscados los componentes, se endurece o cura formando un cierre fiable. El sellante para roscas cónicas con PTFE SWAK es un semi-líquido envasado en un tubo de plástico flexible con un aplicador.

Algunos fluidos y materiales NO son compatibles con SWAK. Para ampliar la información, contacte con su Centro autorizado de ventas y servicio Swagelok.

Swagelok PTFE-Free

Para algunas aplicaciones, la pasta sellante para roscas Swagelok sin teflón PTFE-Free es un sellante líquido alternativo. Para servicio en aplicaciones entre -53 y 148°C (-65 y 300°F), sella roscas cónicas metálicas en la instalación, lubricando la conexión para evitar el gripado o el agarrotamiento de las roscas.

ADVERTENCIA:



La pasta sellante para roscas Swagelok PTFE-Free no debe utilizarse en sistemas que contengan oxidantes fuertes. Puede producir una reacción química incluyendo la combustión espontánea.

Instalación utilizando sellantes para roscas líquidos

A continuación se muestran las instrucciones de uso de los dos tipos de sellantes líquidos:

- Pasta sellante anaeróbica para roscas SWAK
- Pasta sellante para roscas sin PTFE

1. Retire el protector de las roscas macho. Elimine los residuos de plástico que al retirar el protector puedan haberse depositado en las roscas, con un cepillo limpio, seco y de cerdas suaves.



Figura 3-104.

2. Si es posible, sujete el componente con la rosca hembra en un tornillo de banco.



Figura 3-105.

NOTA:

- Apriete las mordazas SOLAMENTE en las secciones planas.
- Apriete solamente lo necesario para sujetar firmemente el componente ya que un apriete excesivo podría dañarlo.

Si no puede utilizar un tornillo de banco, use una llave de sujeción.

3. Movilice el contenido del envase amasándolo (con el tapón puesto) para mezclarlo bien antes de usarlo.
4. Quite el tapón del aplicador de cordón.



Figura 3-106.

5. Mirando la rosca macho desde la cara frontal, localice el punto donde el valle del primer hilo (línea de puntos) se funde con el bisel de la rosca próximo a la parte frontal del racor. A este punto nos referimos como **inicio de la rosca**.

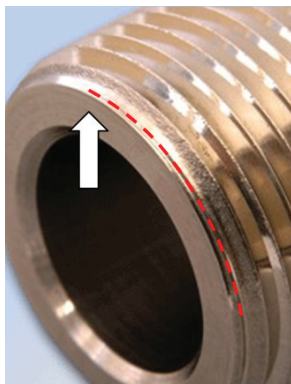


Figura 3-107.

6. Sitúe la punta del aplicador de cordón en la cresta inmediatamente posterior a este punto.

PRECAUCIÓN:  No aplique sellante al primer hilo para no contaminar el sistema de fluidos.



Figura 3-108.

7. Aplique el sellante rellenando los siguientes tres hilos.



Figura 3-109.

8. Si aplica sellante en exceso, elimínelo utilizando un solvente como la acetona.
9. Tape el envase antes de guardarlo.



Figura 3-110.

10. Instale la rosca macho en la rosca hembra y apriétela a mano.

PRECAUCIÓN:



Use una llave del tamaño adecuado. Una llave demasiado grande permitirá apretar excesivamente la conexión y podría dañar las roscas.

11. Apriete la rosca macho al tacto con una llave.

No hay normativas sobre el par de apriete o número de vueltas. La normativa ANSI/ASME B1.20.1–1983 establece que: “Las roscas cónicas NPT están diseñadas para apretarlas al tacto con llave y con un sellante si la conexión debe ser resistente a la presión”. No apriete en exceso para evitar dañar las roscas.



Figura 3-111.

Si la rosca cónica está en un codo, una te, cruz, válvula o manómetro, la instalación puede dejar el componente no alineado según las necesidades. Para una correcta alineación, utilice un adaptador a tubo Swagelok.

PRECAUCIÓN:  **Una vez apretada la conexión, no la desmonte. Desmontarla puede provocar fugas en la rosca cónica.**

Si utiliza SWAK, antes de presurizar el sistema deje que la conexión cure al menos 24 horas a temperatura ambiente.

Las conexiones hechas utilizando el sellante PTFE-Free se pueden presurizar inmediatamente.

Instalación con cinta de PTFE

1. Retire el protector de las roscas macho.



Figura 3-112.

2. Si es posible, sujete el componente con la rosca hembra en un tornillo de banco.

NOTA:

- Apriete las mordazas SOLAMENTE en las secciones planas.
- Apriete solamente lo necesario para sujetar firmemente el componente ya que un apriete excesivo podría dañarlo.

Si no puede utilizar un tornillo de banco, use una llave de sujeción.



Figura 3-113.

3. Mirando la rosca macho desde la cara frontal, localice el punto donde el valle del primer hilo (línea de puntos) se funde con el bisel de la rosca próximo a la parte frontal del racor. A este punto nos referimos como **inicio de la rosca**.

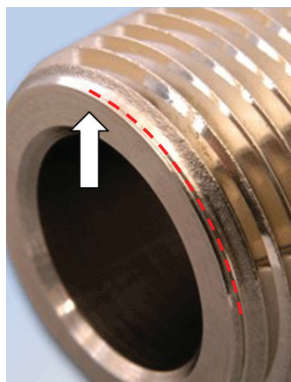


Figura 3-114.

4. Sitúe el extremo de la cinta en la cresta inmediatamente posterior a este punto.
 - Para las roscas macho de 1/8, 1/4 y 3/8 pulg. utilice cinta de 1/4 pulg. de ancho.
 - En roscas macho más grandes utilice la cinta de 1/2 pulg. de ancho.

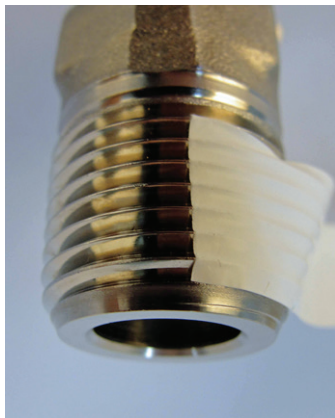


Figura 3-115.

5. Manteniendo el extremo de la cinta paralelo al frontal del racor, aplique la cinta en la dirección de la espiral de la rosca (sentido horario en roscas a derechas), **dos o tres** vueltas.



Figura 3-116.

NOTA:

Si la cinta se aplica en la dirección contraria a la espiral de la rosca (sentido antihorario) es muy probable que ésta se desprenda al instalar la rosca macho en la rosca hembra.



Figura 3-117.

6. Tire del extremo libre de la cinta alrededor de los hilos, tensándolo para ajustarlo a la rosca. Corte el exceso de cinta.

No lo haga perpendicularmente a los hilos.



Figura 3-118.

Presione firmemente la cinta contra los hilos. La cinta de PTFE aplicada correctamente debe tener este aspecto:

PRECAUCIÓN:  **La cinta no debe sobresalir del primer hilo ya que podría cortarse y penetrar en el sistema fluido.**

- El espacio entre el frontal de la conexión y el extremo de la cinta más cercano a éste debe ser uniforme, con el extremo de la cinta cruzando el hilo inmediatamente posterior al inicio de la rosca.
- El número de vueltas debe ser consistente, sin desigualdades, pliegues o arrugas en la cinta.



Figura 3-119.

- Se deben cubrir todos los hilos. La cinta no debe tener trozos sueltos ni aberturas.



Figura 3-120.



Figura 3-121.

■ Tampoco debe tener residuos ni suciedad.

7. Rosque y apriete a mano la rosca macho en la rosca hembra.

PRECAUCIÓN:



Use una llave del tamaño adecuado. Una llave demasiado grande permitirá apretar excesivamente la conexión y podría gripar las roscas.

8. Apriete la conexión macho al tacto con una llave.

No hay normativas sobre el par de apriete o número de vueltas. La normativa ANSI/ASME B1.20.1-1983 establece que: “Las roscas cónicas NPT están diseñadas para apretarlas al tacto con llave y con un sellante si la conexión debe ser resistente a la presión”. No apriete en exceso para evitar dañar las roscas.

Si la rosca cónica está en un codo, una te, cruz, válvula o manómetro, la instalación puede dejar el componente no alineado según las necesidades.

Una vez apretada la conexión, no la desmonte. Desmontarla puede provocar fugas en la rosca cónica.

Capítulo 4

Servicio crítico

Tabla de Contenidos

Servicio crítico	125
Consideraciones de seguridad para sistemas de servicio crítico	125
Requisitos de los servicios críticos	126
Instalaciones en aplicaciones de alta presión y en sistemas con alto factor de seguridad y tamaños de tubo hasta 25 mm (1 pulg.)	126
Cinco categorías de gases comprimidos	129
Sistemas de oxígeno	130
Gases tóxicos, inflamables y explosivos	130
Traceado	131
Instalación del traceado en líneas de proceso	132
Instalación del traceado en líneas verticales	132
Instalación del traceado en líneas horizontales	133
Acoplar un traceado a líneas de proceso	134
Traceado múltiple	134
Antes de seleccionar un método de traceado	135
Instrucciones de puesta en marcha del sistema	137
Ensayo de fugas	137
Racores para tubo	138
Instalación del traceado en equipos de proceso	138
Fluidos para transferencia de calor	140
Sistemas ultra limpios	141
Sistemas de vacío	141

Vibración	143
Desmontaje/Reutilización	144
Pulsos/Impactos	144
Servicio a alta temperatura	145
Materiales	145
Resistencia a la tracción	145
Espesor de pared	146
Servicio criogénico	146
Materiales plásticos	146
Elastómeros	147
Materiales metálicos	147

Servicio crítico

Los racores conectan parte del equipo más esencial y caro de planta. Dado que la circulación del fluido es parte integral de los sistemas más críticos de planta, tanto el diseño como la integración de estas aplicaciones son soluciones muy específicas, lo que hace de ellas una inversión financiera significativa. Años de éxito en campo y ensayos rigurosos validan el rendimiento de los racores para tubo Swagelok. Estos racores están diseñados para trabajar con fiabilidad en una gran diversidad de aplicaciones críticas, desde condiciones ambientales a entornos a presión y temperatura extremos o entornos altamente corrosivos.

Los racores Swagelok se utilizan en aplicaciones de servicio crítico en muchas industrias.

Consideraciones de seguridad para sistemas de servicio crítico

- No purgue el sistema aflojando la tuerca o el tapón de un racor.
- No instale ni apriete racores cuando el sistema está presurizado.
- Asegúrese de que el tubo se apoya firmemente en el asiento del racor antes de apretar la tuerca.
- Utilice las galgas de inspección Swagelok para asegurar el apriete correcto en la instalación inicial.
- No deje nunca de comunicar los problemas.
- Utilice siempre sellantes para roscas en las roscas cónicas.
- No mezcle materiales ni componentes de racores de diferentes fabricantes—tubo, férulas, tuercas y cuerpos de racores.
- Nunca apriete el racor girando el cuerpo. Sujete el cuerpo y gire la tuerca.
- No desmonte los racores sin utilizar.
- Utilice los reductores largos únicamente en conexiones hembra Swagelok.
- El material del tubo metálico debe ser más blando que el material del racor. Es decir, el tubo de acero inoxidable no debe usarse con racores de latón.
- Si el tubo y los racores son del mismo material, el tubo debe ser totalmente recocido.
- Cuando instale tubo de plástico muy blando o flexible, utilice siempre un manguito de refuerzo interior.
- Compruebe el espesor de pared en las tablas de espesores de pared máximos y mínimos sugeridos por el fabricante.
- Compruebe el acabado superficial del tubo. El acabado superficial es muy importante para conseguir un buen cierre. El tubo con cualquier tipo de defecto como depresiones, arañazos o partes elevadas será difícil de cerrar, especialmente en servicio de gas.

- Compruebe la ovalidad del tubo. El tubo ovalado que no entre fácilmente a través de la tuerca, férulas y cuerpo, nunca debe forzarse para introducirlo en el racor.



Consulte el catálogo Swagelok Datos de tubo (MS-01-107ES) para ampliar la información sobre la selección de tubo. www.swagelok.com/TFM

Requisitos de los servicios críticos

Para aplicaciones con requisitos de servicio crítico hay herramientas y métodos que aseguran que la instalación es correcta.

- Herramienta de profundidad de inserción (DMT)
- Instrucciones específicas para aplicaciones de alta presión y con factor de seguridad alto
- Galga de inspección de montaje

Consulte las instrucciones de uso de la Herramienta de profundidad de inserción en el Capítulo 3, página 78.

Instalaciones en aplicaciones de alta presión y en sistemas con alto factor de seguridad y tamaños de tubo hasta 25 mm (1 pulg.)

Este procedimiento es específico para los racores de diámetros hasta 25 mm/1 pulg. y solo varía ligeramente del procedimiento de instalación estándar.

1. En primer lugar introduzca totalmente el tubo en el racor y contra el asiento. Apriete la tuerca a mano.
2. Debido a las variaciones en los diámetros de los tubos, es adecuado comenzar desde un punto en común. Por tanto, apriete la tuerca hasta que el tubo no gire a mano o no pueda moverse axialmente en el racor.
3. Marque la tuerca en la posición de las 6 en punto. Mientras sujeta firmemente el cuerpo del racor, apriete la tuerca una vuelta y cuarto hasta la posición de las 9 en punto.

Como se ha indicado anteriormente, los racores de 2, 3 y 4 mm o 1/16, 1/8 y 3/16 pulg. solo requieren un apriete de 3/4 pulg.

Galga de inspección

Las galgas de inspección de montaje Swagelok aseguran al instalador o al inspector que los racores han sido suficientemente apretados en la instalación inicial.



Figura 4-1 Galga de inspección de montaje.

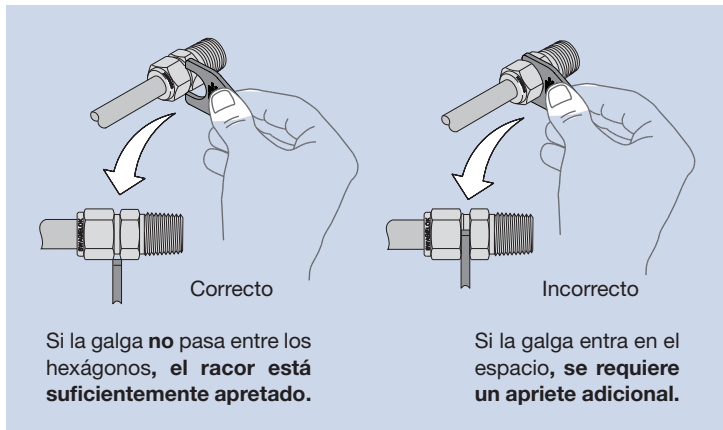


Figura 4-2 Situar la galga de inspección Swagelok frente al espacio entre la tuerca y el cuerpo.

Sistemas de gas de alta presión

¿Qué es alta presión? Se puede decir que depende de las consecuencias de un posible fallo. Los sistemas de gas a presión contienen una gran cantidad de energía acumulada. Cerrar sistemas de gases relativamente ligeros a alta presión es difícil, ya que el defecto más pequeño puede convertirse en una fuga.

Defectos como pequeños arañazos, hendiduras, mellas o cordones de soldadura en el OD del tubo se pueden convertir en un paso de fuga. Este tipo de irregularidades pueden causar a veces problemas, aunque se utilicen los excelentes racores Swagelok.

Todas las sugerencias generales para el servicio crítico son aplicables a los sistemas de gas a alta presión. Particularmente se debe tener muy en cuenta el espesor de pared del tubo, y nunca utilizar para *servicio de gas*, una pared de espesor inferior al mínimo mostrado aquí.

Tubo para servicio de gas

Tamaños fraccionales, en pulgadas

Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo	Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo
1/8	0,028	3/4	0,065
3/16	0,028	7/8	0,083
1/4	0,028	1	0,083
5/16	0,035	1 1/4	0,109
3/8	0,035	1 1/2	0,134
1/2	0,049	2	0,180
5/8	0,065		

Tamaños métricos, en milímetros

Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo	Ø ext. del tubo	Espesor de pared nominal mínimo
3	0,8	18	1,5
6	0,8	20	1,8
8	1,0	22	2,0
10	1,0	25	2,2
12	1,0	28	2,5
14	1,2	30	3,0
15	1,5	32	3,0
16	1,5	38	3,5

Espesor de pared mínimo para servicio de gas

Para obtener los mejores resultados y conseguir cierres absolutamente sin fugas en sistemas de gas a alta presión, tenga en cuenta estas recomendaciones:

- Compre tubo hidráulico de alta calidad, adecuada dureza y acabado superficial sin arañazos ni otros defectos. Asegúrese de utilizar el espesor de pared mínimo para servicio de gas.
- Corte el tubo limpiamente, y desbarbe el ID y el OD.
- Introduzca el tubo totalmente en el racor Swagelok. Asegúrese de que el extremo del tubo contacta firmemente contra el asiento del racor.
- Siga las instrucciones de instalación que empiezan en la página 75.
- Compruebe cada conexión con la galga de inspección Swagelok.
- Nunca doble el tubo una vez instalado en el racor.
- Si son necesarios tratamientos de limpieza especial, tenga en cuenta el uso de racores Swagelok de acero inoxidable u otras aleaciones con limpieza especial y férulas recubiertas de plata.
- Si no tiene disponible tubo con el acabado superficial adecuado, tenga en cuenta también el uso de los accesorios VCR® o VCO®. Debido a que en este caso el tubo se suelda al accesorio, el acabado superficial y dureza del tubo no afectan al cierre.

Cinco categorías de gases comprimidos

Los gases comprimidos se clasifican normalmente en las cinco categorías mostradas aquí.

- **Corrosivos:** Gases que atacan y dañan los materiales, eliminando químicamente parte del material. Este tipo de daño químico normalmente es más severo en presencia de agua. La selección cuidadosa del material es esencial.
 - Ejemplos: Cloruro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno
- **Inflamables:** Gases que forman una mezcla inflamable en el aire a una concentración del 12% o superior. Cambios en la temperatura, presión y concentración pueden provocar grandes cambios en la inflamabilidad.
 - Ejemplos: Hidrógeno, metano
- **Inertes:** Gases que normalmente no reaccionan con materiales comunes a las temperaturas y presiones habituales. *Generalmente no corrosivos*, no tóxicos. No son peligrosos excepto si se usan en lugares cerrados. Porque pueden desplazar el aire y dificultar la respiración. Se debe tener en cuenta el suministro de aire y ventilación.
 - Ejemplos: Helio, argón
- **Oxidantes:** Gases que no se inflaman pero que pueden favorecer la combustión.
 - Ejemplo: Oxígeno
- **Tóxicos:** Gases que producen efectos químicos dañinos o mortales en las personas.
 - Ejemplos: Arsina, fosfina

Sistemas de oxígeno

El oxígeno tiene características especiales y peligrosas. Se trata de un campo especializado, tanto si se conduce en estado líquido o gaseoso. El diseño y la seguridad de los sistemas de oxígeno son responsabilidad de los usuarios, que deben obtener asistencia profesional cualificada para establecer las especificaciones de diseño y prácticas operativas para el uso seguro de este gas.



Consulte el Boletín técnico Seguridad en los sistemas de oxígeno ([MS-06-13ES](#)) para ampliar la información.
www.swagelok.com/TFM

Gases tóxicos, inflamables y explosivos

Sectores como el de la industria química, del semiconductor y de instrumentos analíticos normalmente conducen gases particularmente peligrosos. En los sistemas de estos fluidos se deben tomar las mismas precauciones que las indicadas anteriormente para los gases a alta presión.

A lo sugerido previamente para los “Sistemas de gas a alta presión”, debería añadirse lo siguiente:

- El acabado superficial y el desbarbado del tubo son esenciales. Durante la instalación, se debe prestar una especial atención a la completa introducción del tubo en el racor antes del apriete.
- Si se utilizan botellas o cilindros de gas, su utilización, almacenamiento y transporte se deben realizar en condiciones de seguridad total. La enorme cantidad de energía contenida en éstos ha provocado grandes daños y lesiones en muchos accidentes conocidos, normalmente causados por la caída o el vuelco del recipiente produciendo la rotura de la válvula de la botella.

Tuberías de vapor

El vapor es uno de los fluidos más erosivos. El vapor a alta velocidad puede erosionar metales duros como el acero inoxidable en un tiempo muy breve. El vapor sobrecalentado seco es menos erosivo que en estado húmedo.

Si el contenido de productos químicos del agua no se controla con mucho cuidado, la incorporación de contenidos corrosivos se suma a las propiedades erosivas haciendo del vapor un fluido muy difícil de manejar.

Cuando se instalen racores Swagelok para servicio de vapor, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Se debe seleccionar el material en base a las condiciones de presión, temperatura y ambientales. Las propiedades térmicas de los racores y el tubo deben ser compatibles.
- Para determinar el espesor de pared, el vapor se debe considerar un gas.
- Se deben evitar arañazos profundos o desigualdades en el OD del tubo. Una fuga muy pequeña de vapor por un defecto así, se convierte en una gran fuga al crear el vapor un cauce más profundo por los efectos de la erosión.
- Si la temperatura del vapor es superior a 204°C (400°F), tenga en cuenta el uso del lubricante de roscas para alta temperatura Silver Goop en las roscas de las tuercas de los racores.

Traceado

El traceado es un método de aportación de calor o frío para elevar, disminuir o mantener la temperatura en sistemas y equipos de tuberías de proceso. Los racores Swagelok se utilizan comúnmente para conectar el tubo del traceado con vapor para evitar la congelación en climas fríos. Además del vapor también se utilizan otros fluidos para la transferencia de calor como el Therminol® o el Dowtherm®. El traceado también se puede aplicar a tuberías y equipos que conducen fluidos que se pueden solidificar o volverse demasiado viscosos aún en meses cálidos.

No trataremos este tema en toda su amplitud, debido a que la cantidad de traceado necesario varía con cada aplicación. Si es aconsejable una análisis de ingeniería sobre los requisitos del traceado para fluidos viscosos. La severidad de los inviernos en lugares concretos normalmente determina la necesidad y métodos de traceado. Por supuesto las prácticas y preferencias propias de cada planta también influyen en los requisitos. Por tanto, los métodos sugeridos en este manual son solo una referencia.

Las líneas y equipos de proceso se pueden proteger de las heladas utilizando tubo como líneas de traceado. Los tamaños comunes de las líneas de traceado con vapor con tubo de cobre son:

- 1/4 pulg. OD × 0,035 pulg. de pared
- 3/8 pulg. OD × 0,049 pulg. de pared
- 1/2 pulg. OD × 0,065 pulg. de pared

Es mejor el tubo con mayor espesor de pared, dado que la pared gruesa mejora el rendimiento durante las curvas de enfriamiento desde la temperatura total del vapor y la capacidad para crear ciclos térmicos. Ciclos durante los que el tubo de pared delgada se contrae dentro del racor. Esa dinámica favorece que cualquier pequeño arañazo sea una fuga potencial. El tubo debe ser totalmente recocido.

Instalación del traceado en líneas de proceso

Acoplar el traceado horizontal: Hay bastantes técnicas de acoplamiento de las líneas de traceado desarrolladas para aprovechar al máximo la transferencia de calor. El vapor siempre se debe suministrar en el punto más alto de una línea de proceso con desnivel para evitar el retorno de condensado. Como guía general, las líneas de traceado pequeñas no deben superar los 18 metros (60 pies), y el límite para todos los demás tamaños es de unos 45 m (150 pies).

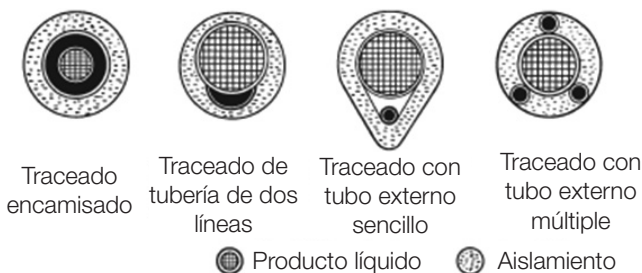


Figura 4-3 Ubicación del traceado en líneas horizontales o inclinadas.

Instalación del traceado en líneas verticales

Acoplar el traceado vertical: Una línea de traceado en una línea de proceso vertical o casi vertical puede instalarse envolviendo en espiral a la línea. Los traceados múltiples en líneas verticales se deben instalar de forma equidistante para optimizar la eficiencia de la transferencia de calor.

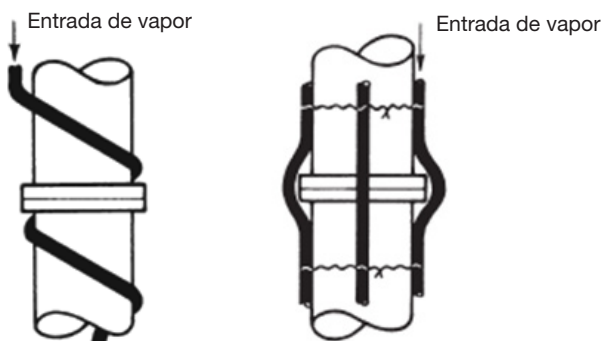


Figura 4-4 *Izquierda:* Traceado simple, instalación espiral. *Derecha:* Traceado múltiple, equidistante.

El traceado en espiral en líneas verticales no necesita sujeción adicional.

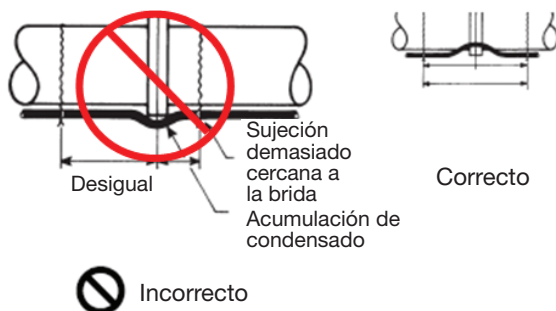


Figura 4-5 Izquierda: Vista lateral. Derecha: Vista superior.

Instalación del traceado en líneas horizontales

En las líneas horizontales de:

- 6 mm (1/4 pulg.) OD, el traceado debe sujetarse cada 45 cm (1,5 pies)
- 12 mm (1/2 pulg.) OD, el traceado debe sujetarse cada 60 cm (2 pies)

Las sujeciones se deben instalar equidistantes a ambos lados de las bridas. Alrededor de la brida, haga la curva siempre con un radio amplio y en un plano horizontal, de modo que el lazo no esté por debajo o por encima del plano horizontal a la tirada de tubo.

La siguiente tabla muestra información sugerida sobre el tamaño y número de traceados para líneas de proceso de varios tamaños:

Tamaño de la tubería de proceso	Tamaño del traceado ²	Nº de líneas de traceado ²	Long. máx. del traceado	Máx. long. traceado entre purgadores ¹
1½ pulg. e inferior	Tubo de cobre de ¼ × 0,035 pulg. o ⅜ × 0,049 pulg. de pared	1	18 m (60 pies)	18 m (60 pies)
2 pulg. y 2½ pulg.	Tubo de cobre de 0,065 pulg. de pared, ½ pulg. OD	1	46 m (150 pies)	46 m (150 pies)
3 pulg. a 4 pulg.	Tubo de cobre de 0,065 pulg. de pared, ½ pulg. OD	2	46 m (150 pies)	46 m (150 pies)
6 pulg. y 8 pulg.	Tubo de cobre de 0,065 pulg. de pared, ½ pulg. OD	3	46 m (150 pies)	46 m (150 pies)
10 pulg. y 12 pulg.	Tubo de cobre de 0,065 pulg. de pared, ½ pulg. OD	4	46 m (150 pies)	46 m (150 pies)

Tamaño de la tubería de proceso	Tamaño del traceado ²	N° de líneas de traceado ²	Long. máx. del traceado	Máx. long. traceado entre purgadores ¹
40 mm e inferior	Tubo de cobre de 6 × 0,80 mm, 8 × 0,90 mm o 10 × 0,90 mm de pared	1	18 m	18 m
50 mm y 65 mm	Tubo de cobre de 12 × 1,20 mm de pared	1	45 m	45 m
80 mm a 100 mm	Tubo de cobre de 12 × 1,20 mm de pared	2	45 m	45 m
150 mm y 200 mm	Tubo de cobre de 12 × 1,20 mm de pared	3	45 m	45 m
250 mm y 300 mm	Tubo de cobre de 12 × 1,20 mm de pared	4	45 m	45 m

1. Utilice purgadores de vapor individuales para cada línea de traceado. Nunca se deben unir varias líneas de traceado a un solo purgador de vapor con un colector o manifold.
2. Las necesidades específicas también definen los requisitos.

Acoplar un traceado a líneas de proceso

Las líneas de traceado simples se deben acoplar a la tubería con alambre, bandas o cinta. Se debe prestar especial atención a la compatibilidad galvánica entre las bandas o el alambre y la tubería y el tubo del traceado. La cinta utilizada para tubo de acero inoxidable no debe contener cloruros o haluros, ya que éstos pueden provocar fallos por corrosión en el traceado o la tubería. Hay muchos fabricantes de cinta de fibra de vidrio sin corrosivos y con buenas capacidades de temperatura hasta 260°C (500°F).

Se debe prestar atención al fluido de proceso conducido por la tubería de acero inoxidable, para asegurar que el sobrecalentamiento localizado no provoque algún tipo de corrosión rápida en el interior de la tubería, en el punto donde el traceado contacta con el exterior de ésta. Una opción para prevenir eso, es utilizar una capa de aislamiento entre la tubería y el tubo del traceado. Para ampliar la información se deben consultar los detalles de proceso.

Traceado múltiple

Al acoplar varias líneas de traceado a una línea de proceso se debe sujetar cada traceado individualmente a la tubería de proceso. Así se evitará que las líneas de traceado se deslicen hacia la parte inferior de la tubería de proceso.

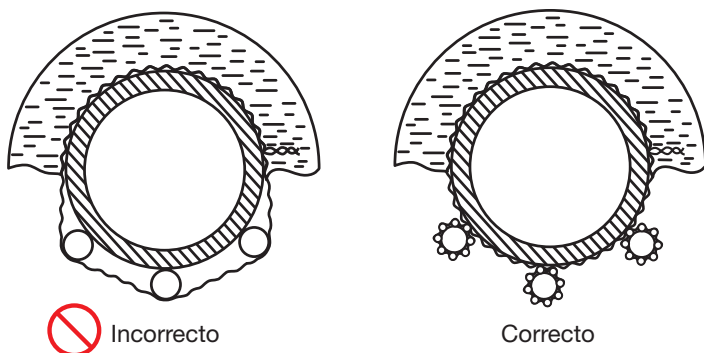


Figura 4-6 Acoplamiento de trazoado múltiple a una línea de proceso.

Dilatación: El tubo del trazoado se dilata a medida que aumenta la temperatura. Y al transferirse el calor a la tubería de proceso, ésta también se dilata. Los grados de dilatación del tubo del trazoado y la línea de proceso normalmente son distintos debido a los distintos coeficientes de dilatación de ambos materiales y al diferencial de temperatura entre el trazoado y la línea de proceso. Las líneas de trazoado deben tener suficiente holgura y curvas de dilatación para evitar que el tubo se estire o se retuerza.

Antes de seleccionar un método de trazoado

Tenga en cuenta lo siguiente:

La capacidad de cualquier instalación de trazoado debe estar cuidadosamente ajustada a los requisitos del sistema a trazar. Estos son algunos factores importantes a tener en cuenta:

- Se debe extremar el cuidado en instalaciones con curvas con dificultad y manifolds complicados.
- Las opciones de técnicas de trazoado pueden verse limitadas por los requisitos térmicos, especialmente si se necesitan altas temperaturas o si la temperatura se debe mantener entre márgenes estrechos.
- La longitud y el diámetro de la tubería de proceso que se debe trazar ofrece una indicación del volumen líquido a mantener a una temperatura específica. Por tanto se deben medir con precisión esas dimensiones para poder estimar los requisitos de calor del sistema de trazoado.
- La pérdida de calor depende mucho de la ubicación de la tubería a trazar. Así, dos instalaciones idénticas, una a la intemperie en un ambiente frío y otra en interiores, necesitarán diferentes métodos de trazoado. Otro factor importante para estimar la pérdida de calor es el tipo y espesor del aislamiento que rodea la tubería y el trazoado.

- Las opciones de traceado también se reducen si la instalación es una tubería ya instalada que no se puede mover o desconectar. Las instalaciones nuevas raramente presentan este problema.
- También, hay que descartar algunos métodos de traceado si los puntos calientes en la tubería no son compatibles con el proceso (produciendo condiciones de inseguridad, por ejemplo). Puede ser necesaria una instalación especial.
- O que la fuente de calor para el traceado deba ser constante. Es decir, que el vapor deba estar disponible durante una parada.

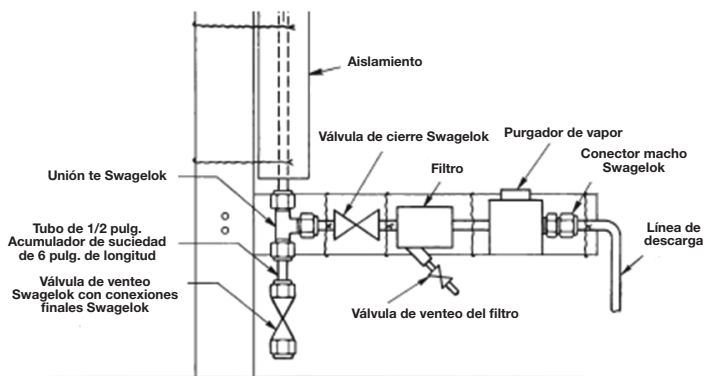


Figura 4-7 Instalación correcta de un sistema de purga de vapor.

Instalación de los purgadores de vapor

La eficiencia de los sistemas de traceado depende de la instalación correcta de los purgadores de vapor. Es recomendable utilizar las siguientes normas:

- Aísle la línea de traceado con vapor hasta unos 60 cm (2 pies) medidos desde la entrada al purgador.
- Instale siempre un filtro antes del purgador para proteger las superficies del asiento del purgador de vapor.
- Instale una sección de tubo de 1/2 pulg. OD y 15 cm (6 pulg.) de longitud como acumulador de suciedad antes del purgador. Las partículas grandes de suciedad o contaminantes se acumulan en el tramo de tubo, alargando la vida de servicio del purgador de vapor.
- Instale el purgador, las válvulas de control y el filtro lo más cerca posible del suelo.
- Utilice tubo de 1/2 pulg. OD como línea de descarga. Esta línea debe ser lo más corta posible, y debe descargar a un colector para el reciclado del condensado. Asegúrese de que la línea de descarga no constituye un riesgo para la seguridad.

- Sujete adecuadamente la línea de descarga horizontal y los accesorios.
- El gráfico de instalación del purgador de vapor muestra la disposición sugerida de los componentes.

Instrucciones de puesta en marcha del sistema

Ensayo de fugas

Todas las líneas de traceado de nueva instalación se deben presurizar con aire para comprobar si hay fugas con los detectores de fugas SNOOP® o REAL COOL SNOOP®. Una vez hechas las reparaciones necesarias, el sistema está preparado para la puesta en marcha.



Consulte el catálogo Detectores de fugas, Lubricantes y Sellantes ([MS-01-91ES](#)) para ampliar la información sobre sellantes. www.swagelok.com/TFM



Figura 4-8 Detectores de fugas líquidos Snoop.

Racores para tubo

Los racores Swagelok de latón son adecuados para utilizar en líneas de traceado de cobre (temperatura del vapor del traceado hasta 204°C [400°F]), ya que proporcionan conexiones fáciles, fiables y sin fugas. En muchos casos los sistemas de traceado pueden requerir tubo de acero inoxidable debido a las condiciones ambientales.

Para facilitar el mantenimiento es mejor no instalar aislamiento por encima de los racores Swagelok ya que cada racor Swagelok es una conexión. Tener acceso a los racores facilita la sustitución de secciones de tubo corroídas o dañadas.

Siempre que sea posible, por tanto, instale los racores Swagelok a la altura de las bridas de la tubería u otras áreas sin aislamiento.

Cuando tenga que instalar un racor Swagelok en un área aislada, deje un pequeño registro de acceso como se muestra aquí.

Instalación del traceado en equipos de proceso

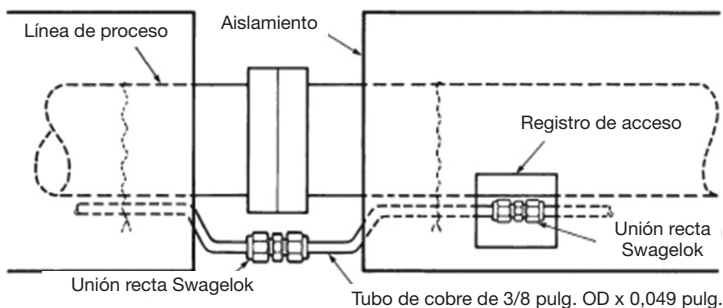


Figura 4-9 Ventana de acceso en un área aislada.

Hay dos métodos para instalar traceado en equipos con formas irregulares como válvulas, bombas e instrumentos. Estos son:

1. Envolvente espiral
2. Rejilla plana

1. Método de instalación envolvente espiral

Con este método se debe dejar un espacio de aproximadamente 15 cm (6 pulg.) entre espiras. Utilice uniones Swagelok para permitir la retirada del equipo sin desinstalar la línea de traseado.

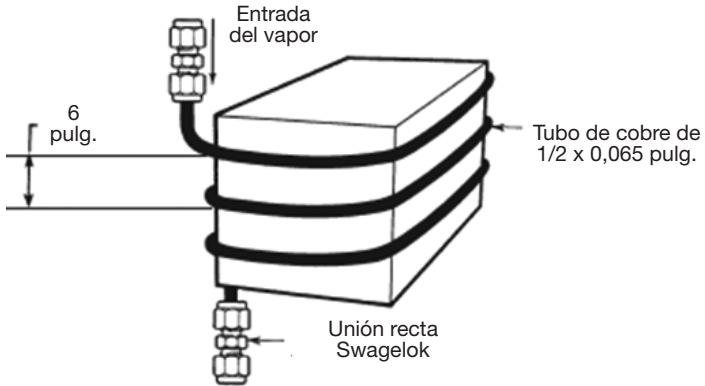


Figura 4-10 Instalación envolvente espiral en equipos de proceso de formas irregulares.

Cuando el equipo se debe desinstalar frecuentemente para mantenimiento, se recomienda utilizar el método de instalación envolvente espiral mediante lazos mostrado aquí.

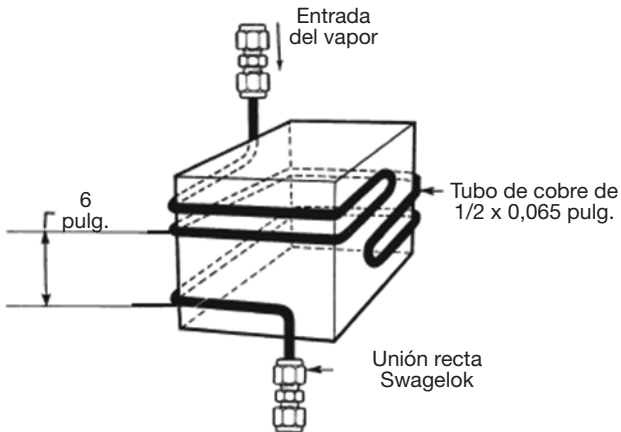


Figura 4-11 Instalación envolvente espiral mediante lazos en equipos de proceso para fácil desmontaje.

2. Método de instalación de rejilla plana

Para superficies planas o irregulares se debe utilizar traceado con tubo de 1/4 pulg. OD. El tubo se debe doblar para formar una rejilla y acoplarlo después a la superficie. Se debe mantener un espacio de 15 cm (6 pulg.) entre cada espira, según se ilustra aquí.

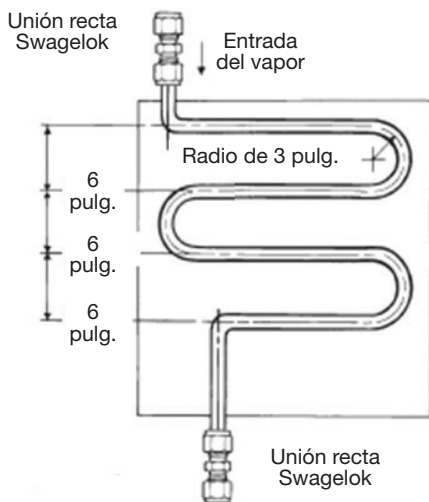


Figura 4-12. Método de instalación de rejilla plana

Fluidos para transferencia de calor

Hay disponibles fácilmente fluidos para transferencia de calor. Entre sus fases líquida y de vapor, cubren un amplio rango de temperaturas de servicio, hasta unos 399°C (750°F).

Una de las principales ventajas de estos fluidos es que no son necesarios equipos de alta presión, purgadores de vapor ni equipos de tratamiento de agua. Con este método, un sistema de alta temperatura no necesita trabajar a altas presiones como en los sistemas de traceado.

Aunque los fluidos de transferencia de calor son normalmente difíciles de cerrar. Se deben tomar precauciones si se utilizan racores en estos sistemas. En especial, se debe seleccionar un tubo con espesor de pared según las sugerencias para gas a presión mostradas previamente en este capítulo.

Al seleccionar materiales para sistemas de fluidos para transferencia de calor, siga las recomendaciones del fabricante del fluido.

Sistemas ultra limpios

Las demandas de la alta tecnología actual exigen requisitos de limpieza cada vez más estrictos. Los racores Swagelok de producción estándar son desengrasados cuidadosamente pero, para algunos sistemas de gases electrónicos, aeroespaciales y ultra puros, puede ser necesaria una limpieza especial. Hay diferentes métodos que se pueden utilizar en función de los requisitos del sistema y los materiales de los racores. Los racores Swagelok con limpieza especial se embalan individualmente y se sellan en bolsas de plástico. Consulte a su representante de Swagelok para ampliar la información. Si los racores Swagelok se someten a limpieza especial en campo, sugerimos lo siguiente:

- Debe evitarse limpiar la tuerca y la férula trasera, porque solo son partes húmedas el cuerpo y la férula delantera.
- Cuando se unen componentes totalmente secos sometiéndolos a las altas cargas necesarias para cerrar, éstos se pueden gripar y provocar fugas. Utilice por tanto férulas delanteras Swagelok con limpieza especial y recubiertas de plata, o aplique un material anti gripado compatible con el sistema.

Sistemas de vacío

Los racores Swagelok se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales de vacío. La importancia de mantener durante el cierre toda la acción moviéndose de forma axial sin transmitir en absoluto par de giro o rotación se demuestra cuando los racores Swagelok trabajan en vacío.

Cualquier marca en las superficies de cierre podría impedir un cierre a prueba de fugas con helio. El movimiento axial durante la conexión y reutilización de los racores Swagelok comprime las superficies de cierre entre ellas para evitar marcas en las superficies, pudiendo conseguir por tanto cierres a prueba de fugas con helio una y otra vez. Se deben extremar las precauciones al manejar tubo para servicio de vacío para asegurar el buen funcionamiento de su sistema. Los arañazos en las superficies del tubo pueden causar problemas.

Al trabajar con vacío, la limpieza es absolutamente esencial. Todo el tubo debe ser desengrasado y secado totalmente. Si no, al reducir la presión los aceites y la humedad pueden vaporizarse y el sistema parecerá fugar aunque esté bien cerrado. Los racores para vacío también deben someterse a limpieza especial.

Si se utiliza acero inoxidable u otras aleaciones especiales con tendencia al gripado, sugerimos desengrasar solo el cuerpo y la férula delantera, ya que éstos son los únicos componentes que están dentro del sistema. La tuerca y la férula trasera están fuera del sistema cerrado, y los lubricantes especiales aplicados para evitar el gripado no se deben eliminar.

Swagelok puede suministrar racores Swagelok con limpieza especial. Los de acero inoxidable y otras aleaciones especiales utilizan férulas delanteras con limpieza especial recubiertas de plata para evitar el gripado durante la instalación. Para hacer conexiones de vacío industrial rápidas y fáciles también se pueden utilizar racores Swagelok metálicos con férulas de PTFE. Aunque hay que tener en cuenta la posibilidad de la extrusión y desgasificación del PTFE y la muy reducida capacidad de sujeción de las férulas de PTFE.

Dada la dependencia parcial del acabado superficial del OD del tubo, cuando se utilizan racores de “cierre en el OD” como los racores Swagelok, observamos que cuando se opera en los rangos de vacío muy alto a ultra alto (por debajo de 10^{-6} torr), los sistemas más fiables son los totalmente soldados. Los racores Swagelok para tubo o para soldar (vea el Capítulo 6) se han utilizado en muchos sistemas así. Cuando los sistemas requieren desmontajes para limpieza o mantenimiento sugerimos los accesorios VCO® o VCR® (vea el Capítulo 6).

También, los accesorios Swagelok Ultra-Torr son ideales para hacer uniones rápidas y de fácil desconexión como las de los detectores de fugas por helio o para conectar tubo metálico a tubo de vidrio. Así, los racores Swagelok y otros tipos de accesorios como los Swagelok VCO, VCR, etc., se pueden utilizar en sistemas de vacío. Se deben tomar precauciones si los accesorios contienen elastómeros o plásticos, especialmente si el sistema de vacío va a operar a temperaturas en el rango de los hornos. En las aplicaciones de hornos de vacío no se deben mezclar metales cuando se va a incrementar la temperatura, a no ser que se tengan en cuenta los coeficientes de dilatación.

Por ejemplo:

Un racor de acero inoxidable 316 (coeficiente de dilatación $11 \times 10^{-6}/\text{m}/^\circ\text{C}$) se ha instalado en tubo de aleación 400 (coeficiente de dilatación $14 \times 10^{-6}/\text{m}/^\circ\text{C}$).

Al elevarse la temperatura, el acero inoxidable aumentará de tamaño a mayor velocidad que el tubo. Por tanto el racor quedará holgado en el tubo debido a la propiedad del material (coeficiente de dilatación) unida al cambio de temperatura.

De otro modo, si se instala un racor de aleación 400 en tubo de acero inoxidable y se incrementa la temperatura, la unión queda más ajustada. Pero el tubo de acero inoxidable se dilata a mayor velocidad que el racor de aleación 400, lo que puede deformar excesivamente el racor y provocar fugas al descender la temperatura. No es aconsejable mezclar materiales (es decir, utilizar racores y tubo de distintos materiales), excepto si lo permite un análisis de ingeniería sobre las variaciones de la temperatura.

Ofrecemos aquí para su comodidad los coeficientes de dilatación de los materiales más comúnmente utilizados en aplicaciones de racores para tubo.

Material	Coefficiente de dilatación pulg./pulg./°F
Acero inoxidable (304 y 316)	$8,5 \times 10^{-6}$
Aleación 400	$7,7 \times 10^{-6}$
Latón	$9,3 \times 10^{-6}$
Aluminio	$12,1 \times 10^{-6}$
Acero al carbono	$7,0 \times 10^{-6}$
Cobre	$9,3 \times 10^{-6}$

Temperatura de servicio: Los rangos de temperaturas de servicio dependen de la aplicación, métodos de instalación, vida de servicio requerida y otras variables. Consulte a su representante de Swagelok para ampliar la información. Utilice la cinta Swagelok de PTFE en las roscas cónicas de los sistemas de vacío para crear el cierre. Sugerimos el uso del lubricante VAC-GOOP para sistemas de vacío, en pernos y superficies donde se quiere evitar el gripado.

Vibración

Sistemas como las conducciones de los compresores y bombas frecuentemente tienen estrictos requisitos en el sentido de la resistencia a la vibración de los racores. Los racores bien diseñados como los racores Swagelok tienen una protección contra la vibración integrada.

En los sistemas con vibraciones intensas, la mejor protección es sujetar adecuadamente el tubo cercano al racor. Limitar la amplitud de la vibración aumenta la vida del racor y la conexión a tubo. En las aplicaciones con vibraciones es especialmente importante instalar los racores siguiendo con exactitud las instrucciones de instalación. Se debe prestar especial atención a la completa introducción del tubo contra el asiento del cuerpo del racor. Si el tubo está totalmente introducido, el OD de la sección que está por delante de las férulas aumenta durante el apriete, creando un ensamblaje más robusto. Hemos realizado ensayos exhaustivos en servicio con vibración, especialmente con racores de acero inoxidable. Los resultados están resumidos en los Informes de ensayos de productos.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados: PTR-976 y PTR-3222. www.swagelok.com/TFM

Vea el Capítulo 3 para ampliar la información sobre sujeción del tubo.

Desmontaje/Reutilización

Una de las cualidades clave que distingue a un racor para tubo bien diseñado de los ordinarios es la capacidad de desmontaje y reutilización frecuentes, sin perder la integridad del cierre. En sistemas de instrumentación o ensayos temporales en laboratorios donde se requiere mantenimiento o limpieza constante, un racor con buenas capacidades de desmontaje/reutilización puede amortizar su precio muchas veces.

Los racores Swagelok se han ganado su reputación desde 1947 por su capacidad para cerrar fluidos difíciles repetidamente, tras muchos desmontajes y reutilizaciones. Los programas de ensayo Swagelok se describen en el Capítulo 7.

Como en cualquier aplicación, la instalación original determinará normalmente cuántos ciclos de desmontaje/reutilización puede asumir una conexión manteniendo la integridad del cierre. Los ensayos de Swagelok indican que no son inusuales 25 ciclos de desmontaje/reutilización con el tratamiento adecuado, aunque los clientes de forma rutinaria informan de un número superior a 25 ciclos.

La acción compensatoria de las dos férulas Swagelok favorece un servicio largo bajo condiciones de desmontaje/reutilización.

Pulsos/Impactos

Los **pulsos** o ciclos de presión son causados por muchos factores, pero principalmente por la rápida apertura de válvulas en sistemas hidráulicos. Esa dinámica provoca un estrés considerable a los sistemas de tubo. El diseño Swagelok de dos férulas absorbe ese estrés, por lo que cualquier racor Swagelok estándar está preparado para ese servicio. El soporte adecuado de las tiradas de tubo, y lo más cerca posible de los racores alargará la vida de las conexiones a tubo. También, la correcta instalación del tubo y los racores es esencial. Se debe seleccionar cuidadosamente la pared del tubo (dentro de los límites mostrados en el Capítulo 9), y se debe considerar utilizar un factor adicional de seguridad cuando haya pulsación severa en el sistema. El ensayo de pulsos Swagelok está descrito en el Capítulo 7.

Un ejemplo es una válvula de cierre rápido que provoca cambios de presión muy rápidos.

Los **impactos** pueden tener muchas formas en los sistemas de tubo. Normalmente se considera como cualquier tipo de esfuerzo repentino o violento que puede afectar a un sistema de tubo.

Un ejemplo podría ser el impacto que se debe absorber si un componente a temperatura ambiente es rápidamente sumergido en nitrógeno líquido. Otro tipo de impacto es una sacudida violenta y cercana a un martillo de forja u otro equipo pesado que produce un impacto repentino y corto.

Otra forma de impacto son los ciclos de temperatura, particularmente si son muy rápidos.

Servicio a alta temperatura

En términos de definición, se considera que la temperatura es alta cuando supera los 40°C (100°F). Hay diferentes aspectos que se deben tener en cuenta para utilizar tubo y racores a temperaturas elevadas.

Materiales

La primera consideración es el material requerido para resistir altas temperaturas y oscilaciones de la temperatura sobre un largo período de servicio. Los límites de temperatura de la mayoría de materiales de racores y tubo se muestran en los códigos de tubería ANSI, incluyendo condiciones específicas en relación a materiales del tubo y métodos de fabricación.

Esta tabla muestra el rango general de temperaturas máximas por materiales.

Aluminio	204°C	400°F
Cobre	204°C	400°F
Acero al carbono	191°C	375°F
Ac. inox. 304/316	538°C	1000°F
Ac. inox. 316 *	649°C	1200°F
Aleación 400	427°C	800°F

Máximas temperaturas por material

* El acero inoxidable 316-ELT cumple los requisitos de ASM3 B31.1 para servicio hasta 649°C (1200°F).

Resistencia a la tracción

La segunda consideración es que a medida que aumenta la temperatura disminuye la resistencia a la tracción del material. Como consecuencia, la

presión de servicio admisible del tubo es inferior a temperatura *elevada* que a temperatura ambiente.

Esta tabla lista los factores utilizados para determinar los rangos de presión del tubo a temperaturas *elevadas*. Multiplique la presión de servicio por los factores mostrados para cada temperatura.

°F	Aluminio	Cobre	Acero al carbono	Ac. inox. 304	Ac. inox. 316	Aleación 400
200	1,00	0,80	0,95	1,00	1,00	0,88
400	0,40	0,50	0,86*	0,93	0,96	0,79
600				0,82	0,85	0,79
800				0,76	0,79	0,76
1000				0,69	0,76	
1200				0,30	0,37	
1400						

* A una temperatura máx. de 375°F

Factores para determinar los rangos de presión del tubo

Espesor de pared

Finalmente, al aumentar la temperatura algunos fluidos cuyo estado normal es líquido se pueden convertir en gases. Es importante tener en cuenta los espesores de pared mínimos sugeridos para servicio de gas mostrados en las páginas 19 y 213 para estas aplicaciones.

Servicio criogénico

Como definición, se considera que la temperatura es criogénica cuando está sustancialmente por debajo de la temperatura ambiente. La primera consideración es parecida a la de las temperaturas elevadas: las características del material.

Materiales plásticos

En general, los plásticos y elastómeros no son satisfactorios para aplicaciones criogénicas. Los plásticos tienen coeficientes de dilatación mucho mayores que los metales. El resultado es que los componentes plásticos utilizados como elementos de cierre a temperatura ambiente, se contraerán notablemente al descender la temperatura, provocando fugas. Muchos plásticos además son algo porosos, lo que permite la absorción de agua. El agua se solidificaría al descender la temperatura y haría al material

del tubo o del racor más frágil. Antes de utilizar plásticos para servicio criogénico se debe consultar al fabricante.

Elastómeros

La mayoría de los elastómeros se endurecen a baja temperatura y pueden romperse. Se debe ser cuidadoso al seleccionar cierres de elastómeros para trabajar a temperaturas criogénicas. Los elastómeros también tienen coeficientes de dilatación mucho mayores que los metales. Si se utilizan como elementos de cierre a temperatura ambiente, se contraerán notablemente al descender la temperatura. La contracción puede provocar fugas.

Materiales metálicos

Los materiales más comúnmente utilizados en sistemas criogénicos de tubo y tubería son el aluminio y el acero inoxidable austenítico. Para algunas aplicaciones también se utilizan la aleación 600, aleación 400 y el titanio. Es particularmente importante utilizar tubo y racores de la misma aleación para que los coeficientes de dilatación sean iguales. Los espesores de pared del tubo se deben seleccionar según la pared mínima para servicio de gas mostrada anteriormente en este capítulo. Y se debe recordar que se deben utilizar las paredes mínimas para servicio de gas aunque el fluido del sistema criogénico sea un líquido. Si en algún momento el sistema es llevado a temperatura ambiente, el líquido se convertirá en un gas.

Capítulo 5

Localización y solución de problemas

Tabla de contenidos

Introducción	150
Solución de problemas	150

Introducción

Esta sección está pensada para servir como guía de instalación de racores sin problemas. La información no es exhaustiva. Si se encuentra con algún problema que no esté tratado en esta sección, contacte con su Centro local de ventas y servicio Swagelok para obtener asistencia.



Para localizar su Centro local autorizado de ventas y servicio Swagelok www.swagelok.com/TFM

Localización y solución de problemas

Problema	Causa posible	Medidas de corrección sugeridas
1. El tubo no entra en el racor.	Rebabas en el tubo por la operación de corte. Tubo aplastado por exceso de presión de la sierra durante el corte o sierra con dientes romos. Tubo ovalado por un doblado defectuoso. Tamaño del tubo incorrecto. Esto no suele ocurrir, pero sí es posible confundir tubo de 3/8 pulg. por error con tubo de 5/16 pulg. Tubo fuera de medida. El tubo de baja calidad puede exceder las tolerancias permitidas. Extremo del tubo elevado por un cortatubos con rueda cortadora roma.	Desbarbe el tubo. Utilice la herramienta para desbarbar el diámetro exterior (OD) del tubo. Tenga cuidado al cortar tubo blando con sierra. Los racores Swagelok están fabricados bajo tolerancias que permiten aceptar el límite superior del diámetro admisible en la fabricación de tubo. Si el tubo está demasiado ovalado por un doblado defectuoso, no entrará en el racor. Tenga cuidado al doblar el tubo cerca del extremo. Asegúrese de que utiliza el racor del tamaño adecuado para el diámetro del tubo. Compruebe el OD del tubo. Compruebe si el tamaño del tubo es métrico o fraccional. Compre tubo de buena calidad. Para racores de 1/16 o 1/8 pulg. la tolerancia del OD del tubo debe ser de $\pm 0,08$ mm. (0,003 pulg.) Sustituya la rueda cortadora por una bien afilada o utilice sierras de calidad para cortar el tubo. Utilice la herramienta para desbarbar el OD.

Problema	Causa posible	Medidas de corrección sugeridas
2. El racor no se puede apretar el número adecuado de vueltas.	Esto podría ocurrir con tubo de acero o de acero inoxidable demasiado duro y no adecuado para aplicaciones de sistemas de fluidos. Intercambio de los componentes con los de otros fabricantes. Los componentes se han limpiado, eliminando los lubricantes de fábrica. Suciedad u otros contaminantes en la rosca. Pared del tubo demasiado gruesa. Rosca gripada de la tuerca o del cuerpo.	Compre tubo hidráulico o para presión de acero o acero inoxidable totalmente recocido y de la dureza recomendada. Utilice solamente racores Swagelok. NO INTERCAMBIE. Nunca elimine los lubricantes de la rosca. Si se requiere limpieza especial, limpie solo el cuerpo y la férula delantera. En el caso del acero inoxidable y aleaciones especiales, utilice férulas delanteras recubiertas de plata. Proteja todas las roscas y superficies de cierre de posibles contaminantes. Utilice tubo con el espesor de pared sugerido. Sustituya el racor completo.
3. Fugas en la rosca cónica.	Conexiones roscadas no suficientemente apretadas. Las roscas cónicas requieren un sellante para efectuar una conexión sin fugas. Roscas cónicas dañadas por gripado de los materiales durante la instalación. Rosca cónica macho o hembra de baja calidad.	Apriete los racores. Se debe utilizar cinta de PTFE Swagelok en todas las roscas cónicas para conseguir un cierre sin fugas. El sellante anaeróbico para roscas SWAK con PTFE también es un excelente sellante para roscas cónicas. Los buenos sellantes para roscas como la cinta de PTFE o el SWAK Swagelok también ayudan a evitar el gripado de las roscas. Deseche los componentes gripados. Utilice roscas cónicas de alta calidad, como las de los racores Swagelok. Estas roscas cónicas son de precisión, pero eso no es suficiente para crear un cierre sin fugas en un equipo con conexión roscada. Utilice un buen sellante.
4. Fugas en la unión abocardada.	Abocardado de baja calidad. Abocardado agrietado o partido.	Utilice racores Swagelok.

Problema	Causa posible	Medidas de corrección sugeridas
5. Fugas en el tubo tras la instalación inicial.	No se están utilizando racores Swagelok. Racores no suficientemente apretados.	Utilice racores Swagelok. Siga las instrucciones de instalación. Compruebe la dureza del tubo o un posible gripado. Utilice tubo recocido de buena calidad. Compruebe si el apriete es suficiente con la galga de inspección de montaje Swagelok.
	Tubo no introducido hasta el fondo del cuerpo del racor.	Corte el extremo con las férulas y sustitúyalas. Introduzca el tubo hasta que se asiente contra el asiento del cuerpo del racor.
	El tubo tiene arañazos longitudinales, mellas u otros daños.	Manipule el tubo con cuidado. Sustituya el tubo o corte la sección dañada y repita la conexión.
	Se ha girado el cuerpo en lugar de la tuerca, gripando el asiento o la férula delantera.	Siempre conecte los racores sujetando firmemente el cuerpo y girando la tuerca.
	El racor no se ha apretado según las instrucciones de instalación debido a una ubicación inaccesible.	Preensamble o utilice la Unidad hidráulica de deformación con matrices intercambiables (MHSU), y apriete la tuerca 1/2 vuelta. Consulte las instrucciones de preensamblaje o deformación hidráulica en el Capítulo 3.
	El racor se ha utilizado como sujeción o anclaje para doblar el tubo a mano.	Sustituya el tubo. Nunca utilice un racor como soporte para doblar el tubo. Eso deformaría el tubo dentro del racor y lo separaría del cierre.
	Intercambio de los componentes con los de otros fabricantes.	Utilice solamente racores Swagelok. NO INTERCAMBIE.
	Eliminación defectuosa del cordón de soldadura en tubo soldado y estirado. El cordón elevado o puntos planos impiden el cierre correcto.	Utilice tubo hidráulico de acero inoxidable de alta calidad, recocido, soldado y estirado. Si la soldadura del tubo es visible a simple vista, puede haber fugas.

Problema	Causa posible	Medidas de corrección sugeridas
6. Fugas en el racor tras la instalación del sistema.	Daños mecánicos por motivos ajenos al sistema. Corrosión en el racor o el tubo. Rotura del tubo por exceso de esfuerzo al abocardarlo en ese tipo de racores. Intercambio de los componentes con los de otros fabricantes.	Sustituya el tubo y el racor. Reubique la conexión donde los daños sean menos probables. Compruebe los soportes para tubo. Inspeccione la conexión para comprobar la corrosión. Si la hay, compruebe la compatibilidad entre el fluido, los materiales del tubo y del racor y el entorno ambiental. Considere como posibles causas el efecto galvánico o la corrosión inducida por microorganismos (MIC) en entornos marinos. Los racores abocardados se deberían sustituir por racores Swagelok para evitar esa dificultad. Utilice solamente racores Swagelok. NO INTERCAMBIE.
7. El tubo de cobre fuga en el racor tras operar por encima de 204°C (400°F).	El tubo de cobre se debilita mucho por encima de 204°C (400°F). Esta es una característica inherente al material, y no el resultado del funcionamiento del racor. Los códigos limitan el tubo de cobre a 204°C (400°F).	En algunos casos el tubo de cobre de pared gruesa puede ayudar, donde hay ciclos de temperatura que se acerquen a 204°C (400°F), pero el tubo de cobre no se debe utilizar por encima de 204°C (400°F). Se pueden utilizar racores y tubo de acero inoxidable.
8. El tubo se deforma tras la operación del sistema.	Exceso de presión. Se ha utilizado tubo con insuficiente resistencia a la tracción o espesor de pared. Congelación de agua o de condensado en el traceado con vapor.	Utilice tubo de material más resistente o de pared más gruesa. Utilice accesorios Swagelok FK o IPT. Prevención a través de instalación, operación y mantenimiento adecuados.
9. El tubo de polietileno se sale del racor.	Compruebe el material de las férulas—férulas de PTFE no satisfactorias o tubo posiblemente demasiado pequeño.	Siempre que sea posible, utilice racores Swagelok metálicos con el tubo de polietileno. Si el tubo es demasiado blando, utilice un manguito de refuerzo interior.

Problema	Causa posible	Medidas de corrección sugeridas
10. El tubo de PTFE se sale del racor.	El PTFE es un material resbaladizo.	Siempre que sea posible utilice racores totalmente metálicos. Los racores de PTFE tienen una presión de servicio muy baja.* NOTA: * Los racores Swagelok de PFA utilizados con tubo Swagelok de PFA (ranurado con la herramienta de ranuración Swagelok) soportarán todo el rango de presión de servicio del tubo. Para información sobre la presión de servicio de esta combinación, consulte a su representante de Swagelok.
11. El tubo de vidrio se rompe al conectar el racor.	El material de las férulas no es el adecuado.	Utilice accesorios para vacío Swagelok Ultra-Torr. Si utiliza racores Swagelok, utilice férulas delantera y trasera de plástico.
12. El tubo fuga al reutilizarlo tras el mantenimiento.	El racor no ha sido reutilizado adecuadamente. Durante la desconexión ha entrado suciedad en el racor o las férulas. Intercambio de los componentes con los de otros fabricantes.	Siga las instrucciones. Siga las normas de limpieza siempre que desconecte y reutilice. Elimine los cuerpos extraños e inspeccione el racor para comprobar si hay daños. Si las férulas o el asiento están dañados, sustitúyalos. Utilice solamente racores Swagelok. NO INTERCAMBIE.
13. Caudal del sistema demasiado bajo.	Sistema obstruido. Un racor de simple férula se ha deformado en exceso, reduciendo el diámetro interior (ID). Dimensiones del sistema insuficientes.	Al montar un sistema se deben tomar precauciones para evitar que materiales extraños como gravilla, suciedad o arena entren en el tubo o en el racor. Utilice solamente racores Swagelok. Compruebe si se debe construir el sistema con tubo de mayor diámetro.

Problema	Causa posible	Medidas de corrección sugeridas
14. Los racores no se pueden desinstalar tras la operación a alta temperatura.	Las roscas cónicas se han soldado. La rosca de la tuerca se ha soldado a la rosca del cuerpo del racor.	Con las aleaciones para alta temperatura y a temperaturas hasta 649°C (1200°F) se puede utilizar el lubricante SILVER GOOP. Aunque SILVER GOOP evita el gripado, no es un sellante. No conocemos ningún buen sellante para roscas por encima de 204°C (450°F).
15. Los racores se gripan o fugan tras la limpieza especial efectuada por el cliente.	Se han eliminado los lubricantes de fábrica.	Hay disponibles varias y diferentes opciones de limpieza especial. Consulte con su Centro autorizado de ventas y servicio Swagelok cuál es la mejor para Vd.

Capítulo 6

Accesorios para usos especiales

Tabla de contenidos

Accesorios para usos especiales	158
Accesorios para soldar	158
Accesorios para soldadura de tubo por encastre (TSW)	159
Accesorios para soldadura automática de tubo por encastre (ASW)	159
Accesorios para soldadura de tubería por encastre (PSW)	159
Adaptadores	160
Soldadura de tubería a tubo (MPW)	160
Soldadura de tubo a tubo (MTW)	160
Accesorios para soldadura de tubo a tope (TBW)	161
Accesorios para soldadura automática de tubo a tope (ABW)	161
Accesorios Subacuáticos para Soldar	162
Accesorios Micro-Fit	162
Sistema de soldadura	163
Accesorios de cierre frontal	164
Accesorio de cierre frontal con junta plana metálica VCR	164
Accesorios de cierre frontal con junta tórica VCO	164
Tubo y accesorios Ultra-Torr para servicio de vacío	165
Racores para tubo plástico muy blando	166
Racores para tubo plástico de dureza mayor	167
Accesorios con cono y rosca	167
Accesorios JTC para tubo	168
Accesorios protectores (Protectores para manómetros)	169
Racores galgables para cromatografía y finales de columna	170
Placas orificio y Racores con amarre	171
Adaptadores a brida y Accesorios con extensión para proceso	172

Accesorios para usos especiales

En capítulos anteriores se han tratado los racores Swagelok de sujeción mecánica para tubo no abocardado y servicio general. Además de éstos, Swagelok también tiene disponibles otros accesorios con características que los hacen especialmente útiles para otras aplicaciones específicas.

Accesorios para soldar

Swagelok fabrica una gama completa de accesorios para soldar tubo y tubería. Los accesorios para soldar Swagelok ofrecen conexiones soldadas permanentes para aplicaciones críticas de fluidos corrosivos, con impactos por cambios bruscos de presión, ciclos de temperatura, vibraciones y de ultra alta pureza.

Swagelok tiene disponible una amplia variedad de conexiones para soldar. Éstas son:

- Soldadura de tubo por encastre (TSW)
- Soldadura de tubería por encastre (PSW)
- Soldadura de tubería a tope (MPW) a soldadura de tubo
- Soldadura de tubo a tope (MTW) a soldadura de tubo
- Soldadura automática por encastre (ASW)
- Soldadura automática de tubo a tope (ATW)
- Soldadura de tubo a tope (TBW)

El material de construcción estándar es el acero inoxidable con doble certificado 316/316L. También están disponibles en acero inoxidable 316L y en otras aleaciones.



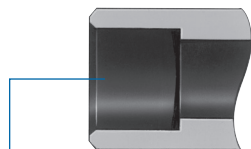
Figura 6-1 Accesorios para soldar.



Para ampliar la información consulte el catálogo Swagelok Accesorios para soldar ([MS-01-149ES](https://www.swagelok.com/TFM)). www.swagelok.com/TFM

Accesorios para soldadura de tubo por encastre (TSW)

El encastre con fondo cónico agilita la presentación, ensamblaje y alineación. La profundidad precisa del alojamiento asegura un adecuado soporte y montaje consistente del tubo.



El mecanizado preciso del interior, asegura el correcto posicionamiento del tubo.

Figura 6-2 Accesorio para soldadura de tubo por encastre.

Accesorios para soldadura automática de tubo por encastre (ASW)

La pared delgada reduce el calor necesario para soldar.



El mecanizado preciso del interior, asegura el correcto posicionamiento del tubo.

Figura 6-3 Accesorio para soldadura automática de tubo por encastre.



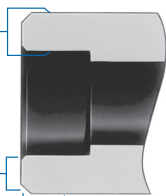
Figura 6-4 Unión en T.

Accesorios para soldadura de tubería por encastre (PSW)

El extremo se puede soldar a tope o por encastre.

El mecanizado de calidad de todas las superficies asegura una soldadura consistente a la tubería.

La pared gruesa y la resistencia del material aseguran una larga vida de servicio en aplicaciones críticas.



La profundidad del alojamiento cumple o supera los requisitos de ASME B16.11 y asegura un soporte adecuado para la tubería.

Figura 6-5 Accesorio para soldadura de tubería por encastre.

Adaptadores

El bisel de 37,5° asegura una soldadura adecuada.
(no incluido en tamaños de 1/4 de pulg.)

El extremo se puede soldar a tope o por encastre.

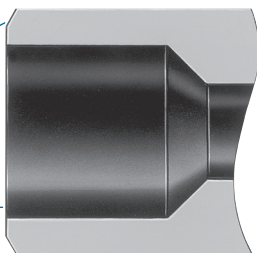


Figura 6-6
Adaptador.

Soldadura de tubería a tubo (MPW)

Se utiliza para reducir desde tubería a tope o por encastre a un tamaño menor de tubo.

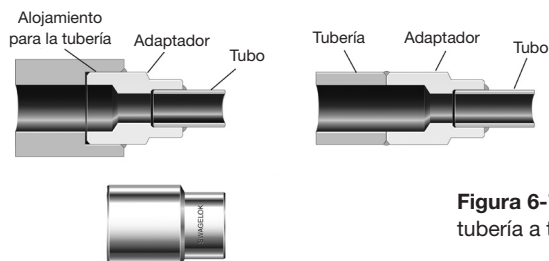


Figura 6-7 Soldadura de tubería a tubo.

Soldadura de tubo a tubo (MTW)

Se utiliza para reducir desde tubo a tope o por encastre a un tamaño menor de tubo.

Los accesorios Swagelok para soldadura de tubo a tope (TBW), soldadura automática de tubo (ATW), soldadura automática por encastre (ASW) y Micro-Fit® están diseñados para soldadura manual o con equipo de soldadura automática como el Sistema de soldadura Swagelok®.

El material de construcción estándar de los accesorios Micro-Fit es el acero inoxidable 316L VAR (refundido al arco en vacío). También hay disponibles otras calidades de acero inoxidable y otras aleaciones.

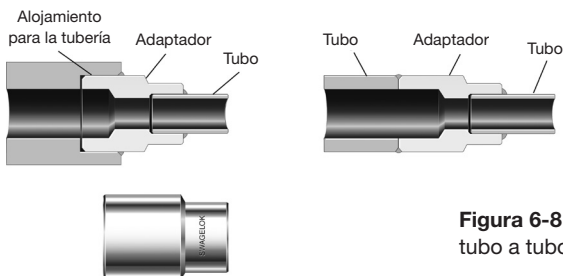


Figura 6-8 Soldadura de tubo a tubo.

Accesorios para soldadura de tubo a tope (TBW)



Figura 6-9
Unión en codo.

El acabado superficial estándar tiene una rugosidad media de (0,25 mm) (10 mpulg.). Hay disponible un acabado superficial controlado para sistemas de ultra alta pureza.

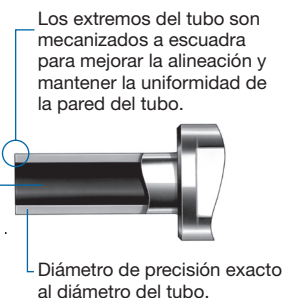


Figura 6-10 Accesorio para soldadura de tubo a tope.

Accesorios para soldadura automática de tubo a tope (ATW)



Figura 6-11 Unión en te.

El acabado superficial estándar tiene una rugosidad media de (0,25 μm) (10 $\mu\text{pulg.}$). Hay disponible un acabado superficial controlado para sistemas de ultra alta pureza.



Figura 6-12 Accesorio para soldadura automática de tubo a tope.

Accesorios Subacuáticos para Soldar

Las aplicaciones submarinas tienen condiciones ambientales extremas en entornos en los que el espacio es muy valioso. Los accesorios para soldar subacuáticos Swagelok están disponibles en acero inoxidable 316L, aleación 2507 y aleación 625 para soportar esas condiciones severas. Las tes y los codos son forjados, lo que les da un perfil más pequeño que los fabricados por extrusión. Los extremos para soldar son estándar con longitudes hasta 2 pulgadas para facilitar las reparaciones en obra y reducir las paradas y los costes de piezas desechadas.

Nuestros accesorios para soldar subacuáticos están diseñados para cumplir los requisitos de aplicaciones exigentes como:

- Árbol de Producción submarina
- Ensamblaje de terminación umbilical
- Conector flotante entre unidades subacuáticas
- Manifold de distribución hidráulico
- Paneles de control de ROV subacuáticos
- Módulos de control subacuáticos
- Paneles de control de bocas de pozo
- Paneles de control hidráulico

Consulte el catálogo *Racores para Soldar Subacuáticos Swagelok* ([MS-02-481](#)) para ampliar la información.



Accesorios Micro-Fit

(Soldadura de tubo a tope en miniatura)

Los accesorios Micro-Fit Swagelok están diseñados para sistemas de tubo con requisitos de bajo peso, alta densidad de componentes y limpieza. Estos accesorios en miniatura tienen las mismas características de caudal y rangos de servicio que los accesorios más grandes para el mismo diámetro de tubo. Están disponibles en tamaños fraccionales y métricos.

Los vértices redondeados del cuerpo evitan daños a otros componentes durante el montaje o el mantenimiento del sistema.

Número de colada estampado a rodillo para asegurar la trazabilidad de la materia prima.

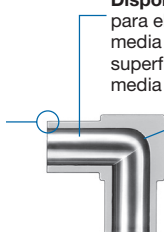


El Marcado identifica al fabricante, el material y si es aplicable la limpieza de ultra alta pureza.

Accesorios Micro-Fit

Conexiones finales afiladas, a escuadra y sin rebabas

mejoran la alineación, mantienen la uniformidad de la pared del tubo y favorecen la consistencia de la soldadura.



Disponible limpieza de ultra alta pureza para el acabado superficial de rugosidad media de 0,13 mm (5 mpulg.). El acabado superficial estándar tiene una rugosidad media de 0,25 mm (10 mpulg.).

El radio de curva permite la transición suave del caudal y elimina la formación de cavidades y zonas de acumulación.

Figura 6-13 Accesorios Micro-Fit.

Sistema de soldadura

La Unidad de potencia del sistema de soldadura Swagelok M200 ofrece precisión y control, y una operativa sencilla con pantalla táctil para realizar soldaduras orbitales.

Se puede utilizar para soldar variedad de tubo, y válvulas y racores con conexiones finales para soldar. El sistema de soldadura Swagelok utiliza el proceso de soldadura con arco de tungsteno y gas (GTAW), normalmente conocida como TIG (soldadura con arco de tungsteno y gas inerte). Durante el proceso de soldadura, los componentes que se van a soldar se mantienen sujetos en un bloque de fijación mientras un arco eléctrico se hace rotar mecánicamente alrededor de la unión de soldadura. Hay disponibles varios cabezales de soldadura que permiten adaptar el sistema de soldadura Swagelok a diferentes diámetros exteriores desde 2 mm a 114,3 mm y desde 1/16 pulg. a 4 pulg.

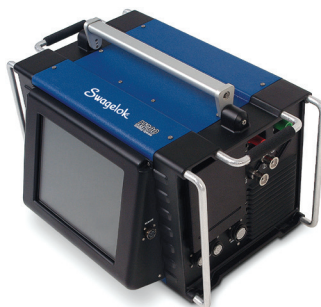


Figura 6-14 Sistema de soldadura Swagelok: Unidad de potencia M200.



Consulte el catálogo Sistema de soldadura Swagelok ([MS-02-342ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Accesorios de cierre frontal

Accesorio de cierre frontal con junta plana metálica

Los accesorios de cierre frontal con junta plana metálica Swagelok VCR ofrecen la alta pureza de un cierre metal-metal sin fugas y desde vacío a alta presión. El cierre en un conjunto VCR se efectúa cuando la junta se comprime por la acción de dos labios altamente pulidos durante el acoplamiento de una tuerca macho o de un cuerpo hexagonal con una tuerca hembra.

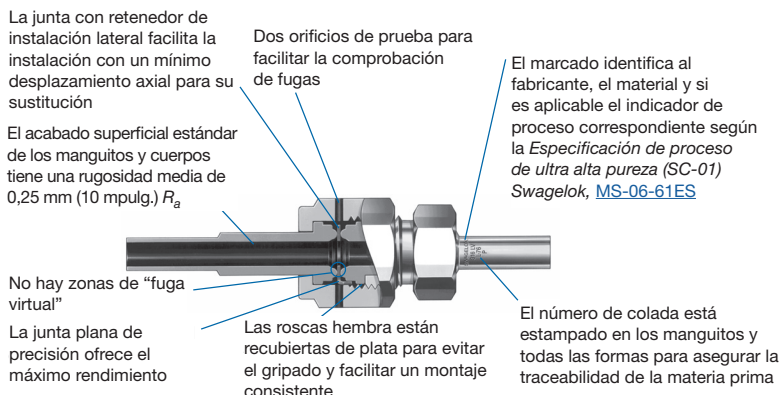


Figura 6-15 Accesorio de cierre frontal con junta plana metálica VCR.



Consulte el catálogo Swagelok Accesorios de cierre frontal con junta plana metálica VCR ([MS-01-24ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Accesorios de cierre frontal con junta tórica VCO

Los accesorios de cierre frontal con junta tórica Swagelok VCO están diseñados para hacer instalaciones rápidas en sistemas de tubería, tubo y sistemas soldados. Su diseño único permite la instalación y desmontaje sin desplazamiento axial en sistemas donde el espacio es limitado. El cierre se efectúa por medio de una junta tórica prisionera en el cuerpo. Se pueden utilizar en sistemas de alta presión hasta vacío crítico, y en un amplio rango de temperaturas.



Consulte el catálogo Swagelok Accesorios para soldar ([MS-01-28ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

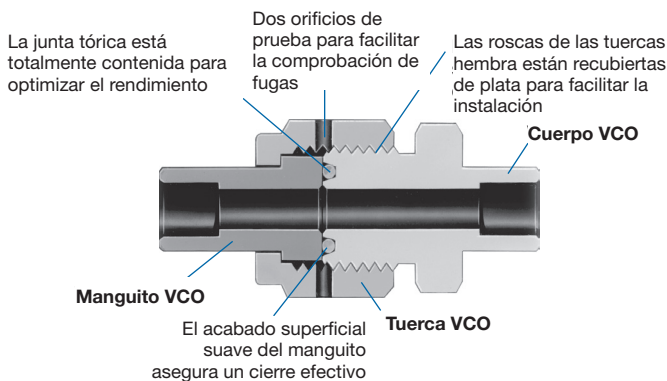


Figura 6-16 Accesorio de cierre frontal con junta tórica VCO.

Tubo y accesorios Ultra-Torr para servicio de vacío

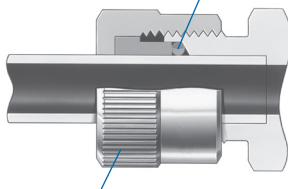
Los accesorios Swagelok Ultra-Torr están diseñados para ofrecer un cierre sin fugas rápido y de instalación mediante apriete manual en tubo de vidrio, metal o plástico para servicio de vacío. El diseño del accesorio ultra-torr se somete a ensayo de fugas con helio para un caudal máximo de fuga de 4×10^{-9} std cm³/s a temperatura ambiente. El caudal de fuga aumenta con la temperatura debido a la permeabilidad de la junta tórica.



Consulte el catálogo Swagelok Accesorios para vacío ([MS-01-32ES](https://www.swagelok.com/TFM)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

El rendimiento del cierre no varía tras repetidas desconexiones.

La junta tórica cierra en tubo de vidrio, metal, o plástico.



La tuerca moleteada facilita la instalación manual.

Figura 6-17 Accesorios para vacío.

Racores para tubo plástico muy blando

Hay muchos tipos de tubo de plástico blando que se utilizan en sistemas de laboratorios o de aire a baja presión debido a su pureza, transparencia, flexibilidad y superficie interior lisa.

Los racores Swagelok metálicos o plásticos son adecuados para este tubo. El único requisito adicional para instalarlos con tubo de plástico es utilizar un manguito de refuerzo interior. El manguito de refuerzo interior se utiliza para dar resistencia al tubo y evitar que se aplaste por la acción de deformación de las férulas.

Otra conexión para este tipo de servicio es el conector de manguera Swagelok (HC). Este accesorio para manguera tiene una espiga dentada que expande adecuadamente el tubo para optimizar el cierre. También se puede utilizar un manguito opcional cuando la presión del sistema sea superior al 50% de la presión máxima de servicio del tubo.



Figura 6-18 Manguito de refuerzo interior.



Figura 6-19 Manguito de refuerzo interior instalado en tubo de Tygon® con un conector macho Swagelok.



Figura 6-20 Conector macho para tubo blando de PVC con manguito.



Consulte el catálogo Swagelok Manguera y tubo flexible ([MS-01-180ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Racores para tubo de plástico de dureza mayor

Hay disponible una gran variedad de racores Swagelok de diferentes tamaños y materiales para tubo de polietileno, polipropileno, PTFE y PFA. Con estos tipos de tubo se pueden utilizar racores metálicos. Los racores Swagelok de PFA utilizados con tubo Swagelok de PFA (ranurado con la herramienta de ranuración Swagelok) soportarán todo el rango de presión de servicio del tubo. Los racores Swagelok metálicos también soportarán todo el rango de presión del tubo de PFA. Para información sobre la presión de servicio de esta combinación, consulte a su representante de Swagelok.

Accesorios con cono y rosca

Los accesorios Swagelok con cono y rosca serie IPT están disponibles en versiones de media presión (MP), con una presión máxima de servicio de 1378 bar (20 000 psig), y de alta presión (HP), con una presión máxima de servicio de 4136 bar (60 000 psig). Todos los accesorios se entregan completos con manguitos y collarines. También hay disponibles ensamblajes anti vibración. Swagelok también tiene disponibles cabezales de seguridad en diseños con extremo plano o en ángulo para los accesorios con cono y rosca. Los discos de ruptura se deben pedir por separado. Están disponibles en acero inoxidable 316 y otras aleaciones.

Otra opción disponible son los filtros de línea. Cada filtro incorpora dos elementos filtrantes de malla. Y el tamaño de los elementos filtrantes es de 0,5, 2, 5, 10, 20, 40 y 100 μm .



Figura 6-21 Accesorios Swagelok con cono y rosca para media presión.



Figura 6-22 Accesorios Swagelok con cono y rosca para alta presión.



Consulte el catálogo Accesorios, tubo, válvulas y herramientas para media y alta presión ([MS-02-472ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Accesorios JTC

Los conectores para tubo encamisado Swagelok (JTC) están diseñados para crear conexiones sin fugas en el extremo del tubo con encamisado simple, eliminando la necesidad de utilizar manguitos y cinta de sellado. El JTC es un diseño patentado que combina la probada tecnología de los racores Swagelok con un innovador cierre atmosférico sobre el encamisado del tubo.

Este conector integral consiste en un racor Swagelok que crea un cierre sin fugas en el ánima de acero inoxidable del tubo encamisado, y una tuerca de encamisado JTC con junta tórica que crea un cierre sin fugas en el diámetro exterior (OD) del tubo encamisado.

Otras características del conector Swagelok JTC incluyen:

- **Fácil instalación:** La tuerca del encamisado moleteada facilita la instalación manual.
- **Reutilizaciones:** El conector mantiene la integridad del cierre tras muchas reutilizaciones.
- **Confirmación visual:** La tuerca del encamisado cubre la junta tórica cuando el apriete es suficiente y se produce el cierre sin fugas.
- **Puerta de venteo:** Previene la presurización accidental del interior del encamisado.

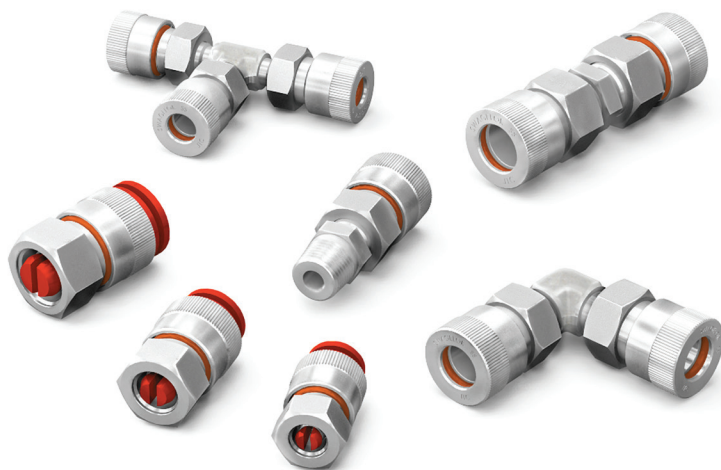


Figura 6-23 Conector Swagelok para tubo encamisado (JTC).

Accesorios protectores (Protectores para manómetros)

Los accesorios protectores Swagelok protegen los manómetros e instrumentos contra pulsaciones y choques de presión del sistema. La amortiguación de la presión se realiza mediante el uso de un elemento sinterizado poroso de acero inoxidable 316. Cuando se instala un protector Swagelok previo a un instrumento sensible a la presión, se reduce la velocidad de respuesta del instrumento y generalmente ésta varía en la medida del diferencial de presión dado a través del elemento metálico poroso, permitiendo que el instrumento iguale suavemente la presión del sistema.



Figura 6-24 Protector Swagelok para manómetros.

Elementos

Con cinco elementos básicos disponibles, los accesorios protectores cumplen los requisitos de aplicaciones de fluidos desde gases ligeros hasta viscosidades por encima de 220 cSt [mm^2/s] (1000 SUS [segundos de viscosidad Saybolt]). Los indicadores de los elementos están estampados en cada accesorio para facilitar la identificación.



Consulte el catálogo Swagelok Manómetros industriales y para procesos ([MS-02-170ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

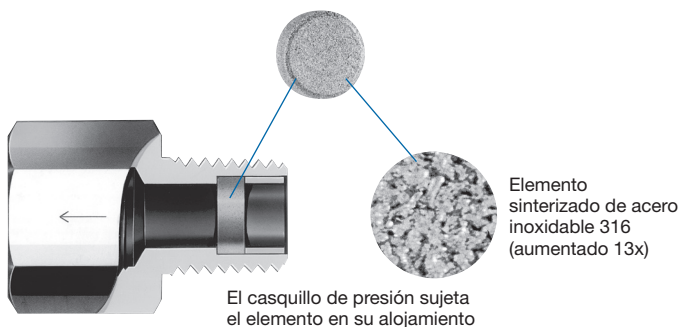


Figura 6-25 Cinco elementos básicos disponibles.

Racores galgables para cromatografía y Finales de columna

Los racores Swagelok para cromatografía y finales de columna son adecuados para aplicaciones de cromatografía de líquidos o gases. Están disponibles en tamaños desde 1/16 a 1/2 pulg. La presión de servicio corresponde a la presión de servicio del tubo indicada en el catálogo Swagelok *Datos de Tubo*, [MS-01-107ES](#).



Consulte el catálogo Swagelok Racores galgables para cromatografía y finales de columna ([MS-02-173](#)). www.swagelok.com/TFM

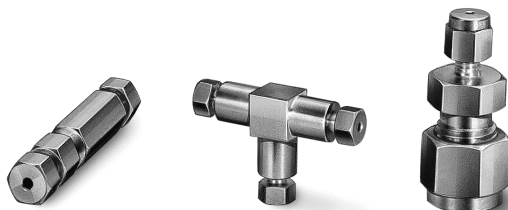


Figura 6-26 Racores Swagelok para cromatografía y finales de columna.

Placas orificio

Las placas orificio Swagelok permiten ajustar la presión reduciendo el tamaño del orificio mediante una placa perforada según dimensiones especificadas.

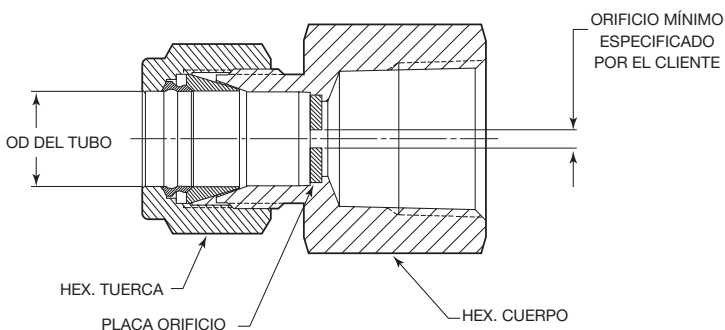


Figura 6-27 Placa orificio.

Racores con amarre

Swagelok tienen disponibles racores con amarre. Estos racores se utilizan normalmente en aplicaciones de seguridad en las que un cable une la tuerca y el cuerpo taladrados para prevenir el desmontaje del racor.

Contacte con su Representante local autorizado de ventas y servicio Swagelok para ampliar la información.

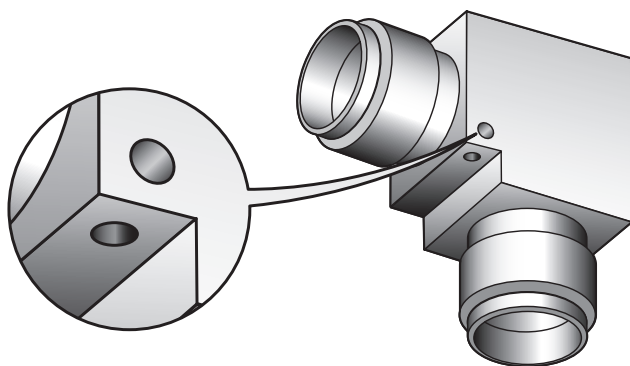


Figura 6-28 Codo con orificio de amarre.

Adaptadores a brida y Accesorios con extensión para proceso

Swagelok tiene disponibles bridas que cumplen las normativas de diseño de ASME, DIN, EN y JIS. El cuerpo es forjado y mecanizado integralmente de una pieza, y están disponibles en un rango completo de tamaños de bridas, clases de presión y opciones de cierre (cara plana, cara elevada y RTJ y machihembrada [tongue and groove]).

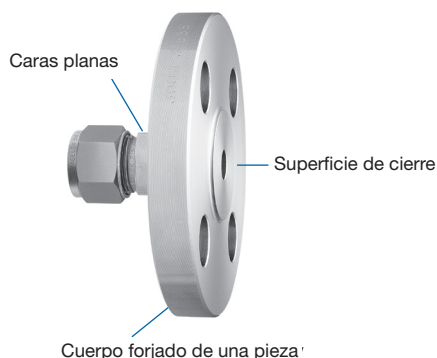


Figura 6-29 Adaptador a brida.

Los accesorios con extensión para proceso Swagelok facilitan la conexión entre las líneas de proceso e instrumentación. Están diseñados para utilizarlos con bridas de extensión de proceso. Y están disponibles con superficies de cierre lisa o rugosa. Son compatibles con las bridas de extensión de proceso ANSI B16.5.



Figura 6-30 Conector con extensión para proceso.



Consulte el catálogo Swagelok Adaptadores a brida ([MS-02-200ES](#)) para ampliar la información.
www.swagelok.com/TFM

Capítulo 7

Pruebas y evaluación del rendimiento de los racores para tubo

Tabla de contenidos

Pruebas y evaluación del rendimiento de los racores para tubo	174
Las razones de un Programa de pruebas sobre el rendimiento de los racores para tubo	174
Descripción general	174
Planificación del Programa de pruebas	174
Planificar el Programa de pruebas	176
Control de calidad	179
Ejecución del Programa de pruebas	179
Prueba de fugas con gas	179
Ensayos en vacío	181
Pruebas de desmontaje/reutilización	182
La importancia de la prueba de desmontaje/reutilización	183
Ensayos de vibración con rotación y flexión	184
Ensayos de resistencia a la tracción	186
Ensayos de rotación	186
Ensayos de impactos hidráulicos	187
Ensayos hidráulicos de rotura	187
Ensayos de ciclos térmicos	189
Factores que afectan a los cierres	190
Los efectos del vapor	190
Evaluar Informes de ensayos de productos (PTR)	190
Mezcla/intercambio	191
Resumen	191

Pruebas y evaluación del rendimiento de los racores para tubo

En este capítulo vamos tratar los principios básicos para establecer un programa de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo, como un importante proceso regular para todos los sistemas de fluidos.

Las razones de un Programa de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo

El ensayo se realiza por cuatro motivos básicos.

- Evitar pérdidas de material debido a la existencia de una fuga.
- Prevenir la contaminación medioambiental.
- Mantener un diferencial de presión.
- Asegurar la fiabilidad operativa del sistema.

Descripción general

La complejidad cada vez mayor de los sistemas de tubo da una importancia creciente a ensayos más rigurosos y evaluaciones más amplias e intensas sobre el comportamiento de los racores para tubo. El objetivo de una prueba de fugas es eliminar riesgos para la seguridad y el alto coste de las fugas en los sistemas de fluidos.

Al interpretar resultados de ensayos de fugas o establecer un programa de pruebas de fugas, es importante que los ensayos sean representativos del sistema real. Veamos en primer lugar cómo llevar a cabo pruebas efectivas y después veremos una descripción de pruebas comunes realizadas. Las observaciones, información y sugerencias ofrecidas aquí son el resultado de la experiencia acumulada por Swagelok Company en la industria de los sistemas de fluidos desde 1947. Los ensayos en Swagelok incluyen los propios, específicos de clientes, los que se ajustan a normativas industriales y los externos o independientes.

Planificar un Programa de pruebas

Antes de solicitar un ensayo o planificar el suyo propio tenga en cuenta lo siguiente.

1. ¿Se intenta demostrar una conclusión predeterminada?

Si el objetivo de una prueba es encontrar datos que confirmen una conclusión predeterminada, estamos haciendo un ensayo sobre una suposición.

Como podría ser el caso por ejemplo, de un departamento al que se le encarga que recorte el coste de los racores para tubo. Y la reducción de costes se debe documentar mediante una prueba que demuestre que un racor más barato puede sustituir a uno más caro. Si el resultado de la comprobación ya está asumido, la prueba es una pérdida de tiempo.

2. ¿Los resultados de la prueba prevalecen sobre los de una experiencia prolongada?

Las condiciones de ensayo controladas en laboratorio pueden ofrecer mejores o peores resultados que los encontrados en campo.

Por ejemplo, se hace una prueba a un racor nuevo con unos resultados concretos. Sin embargo, el historial de cientos o de miles de racores en campo contradice los resultados limitados del ensayo en laboratorio.

3. ¿El ensayo lo realizará un laboratorio de ensayos independiente?

Aunque hay laboratorios de ensayos independientes acreditados para realizar pruebas, las muestras siempre se deben comprar a través de la cadena de distribución normal y sin mencionar que se van a utilizar en un entorno de ensayos.

Un cliente, por ejemplo, está pensando en sustituir una marca de racor y ha pedido racores a dos fabricantes para someterlos a ensayo. Las muestras siempre se deben comprar a través de la cadena de distribución normal para que el procedimiento de ensayo sea justo y objetivo.

4. ¿Se va a utilizar un muestreo estadístico válido?

Una empresa importante puede estar instalando 100 000 conexiones a tubo al año, y ejecutar ensayos solo a una pequeña muestra de 5 o 10 conexiones de uno o dos tamaños.

Por ejemplo, los ensayos en laboratorio llegan a una conclusión pero ésta ignora los resultados de las pruebas con el comportamiento real en campo. Es probable que los parámetros de prueba pensados para reflejar el comportamiento de 100 000 conexiones a tubo en campo, no hayan sido adecuadamente documentados o transmitidos al laboratorio de ensayos, conduciendo entonces a conclusiones erróneas.

5. ¿Se van a extrapolar datos para minimizar los costes de la prueba?

Una organización tiene racores de tamaños y materiales concretos en servicio satisfactorio. Y amplía sus sistemas de fluidos, comprando racores de diferentes tamaños y materiales y dando por hecho que los racores de otros materiales trabajarán igual que los seleccionados y probados previamente. Pero esa suposición puede ser peligrosa.

Es decir, se han probado por ejemplo racores de latón con tubo de cobre en tamaños de 1/4 y 3/8 pulg. Pero la ampliación del sistema de fluidos exige utilizar tubo de acero o acero inoxidable y en tamaños desde 1/4 a 1 pulg. Y en lugar de someter los nuevos materiales y tamaños a ensayo, se extrapola el resultado satisfactorio de los racores instalados a los nuevos.

6. ¿Se van a simular las condiciones de campo?

La falta de interés y la experiencia de los técnicos que realizan las pruebas en el laboratorio pueden invalidarlas. Pero aunque el técnico de laboratorio respete las especificaciones del fabricante al realizar la prueba, los técnicos de campo con diferentes niveles de formación y experiencia pueden también hacer instalaciones erróneas.

Condiciones de campo como presiones y temperaturas cambiantes, pulsos, vibraciones y efectos del desmontaje/reutilización añadidos a las variaciones en el material, espesor de pared, concentricidad, estado y dureza del tubo pueden afectar al comportamiento del racor.

Prestar especial atención a estos seis aspectos puede evitar errores de programas futuros o revelar errores de ensayos realizados y publicados.

La mejor prueba para cualquier componente como un racor para tubo es el uso continuado en grandes cantidades y bajo diferentes condiciones de instalación y operación en campo.

Planificar el Programa de pruebas

Al planificar la prueba, asegúrese de hacer una selección cuidadosa de los racores, tubo, tamaños, materiales y configuraciones a someter a prueba. Y recuerde que se pueden aplicar esas mismas consideraciones al interpretar ensayos publicados.

1. Obtención de los racores

Los racores a someter a prueba siempre se deben comprar a través de la cadena de distribución normal y sin mencionar que se van a utilizar para ensayos. Así se asegura que la muestra procede de la misma fuente que estará disponible tras la selección del fabricante.

2. Obtención del tubo.

El tubo a utilizar en el ensayo debe ser el tubo utilizado en planta o comprado por la vía normal y sin mencionar que será utilizado para pruebas. Cuando se requiere tubo de acero inoxidable, se deben someter a ensayo tanto el tubo soldado y estirado como el tubo sin soldadura, excepto si uno de ambos ya está especificado para servicio en planta. Si un fabricante recomienda *solo* tubo sin soldadura, *todos* los ensayos se deben realizar con tubo sin soldadura. Por otra parte, realizar las pruebas con tubo sin soldadura si el requisito de planta es tubo soldado y estirado puede desvirtuar los resultados de la prueba.

También es importante probar más de un espesor de pared.

Es decir, si se van a utilizar racores con tubo de 0,035, 0,049, 0,065 y 0,083 pulg. de espesor de pared, como mínimo se debe probar el tubo de 0,035 y el de 0,083 pulg. (el mínimo y el máximo).

Los métodos de prueba del tubo deben ser idénticos en cada prueba. Si se están realizando pruebas entre diferentes fabricantes, en los dos extremos del mismo tramo de tubo cortado se deben instalar racores de distintas marcas para asegurar que todas las variables serán exactas para ambos.



Figura 7-1 Tubo de alto y bajo espesor de pared.

3. Selección de los tamaños.

Al establecer el patrón de prueba recuerde que cuanto mayor es el diámetro de cierre, mayor es el potencial de fuga. Haga más pruebas sobre el racor más grande que va a instalar que sobre el más pequeño. Si un racor de 1 pulg. supera la prueba, es muy probable que también lo haga un racor más pequeño, de 1/8 pulg. Lo opuesto no es cierto.

4. Selección de los materiales.

Pruebe los racores de todos los materiales que planea instalar. Un racor de latón que trabaja bien, puede no hacerlo si es de acero o acero inoxidable. El hecho de que trabaje bien en acero inoxidable no indica necesariamente que lo hará en otras aleaciones como la aleación 400 o la aleación 2507.

5. Selección de las configuraciones de los racores.

Pruebe configuraciones variadas. Los codos, tes y cruces son fabricados de forjados, que normalmente son más blandos que el material de barra utilizado para los racores rectos. Esa condición puede afectar a las capacidades de cierre y sujeción, así como a la vida de la rosca. Al probar diferentes configuraciones se elimina la posibilidad de que todos los racores de prueba hayan sido fabricados en la misma máquina, el mismo día y con las mismas herramientas. Es decir, la prueba de control de calidad de cuatro configuraciones diferentes es un patrón de prueba más eficaz que el de cuatro racores de la misma configuración. Porque es más probable que las tuercas y férulas procedan de diferentes lotes de fabricación.

Los componentes mostrados aquí, de cada tamaño, material y espesor de pared le ofrecen una prueba representativa en cuanto a calidad y consistencia.

Esta variedad formará seis conexiones: cuatro conexiones con racores de material de barra y dos conexiones con un racor forjado. Esto asegura una prueba de consistencia más válida, ya que los racores estarán fabricados en varias máquinas y diferentes momentos.

Probar diferentes configuraciones también supone un excelente control de calidad de un fabricante en relación a su capacidad para mantener tolerancias críticas en toda su línea de productos. Trataremos esas tolerancias en el apartado desmontaje/reutilización.

Otra prueba de control de calidad y consistencia es desmontar todos los componentes del racor y medir lo siguiente:

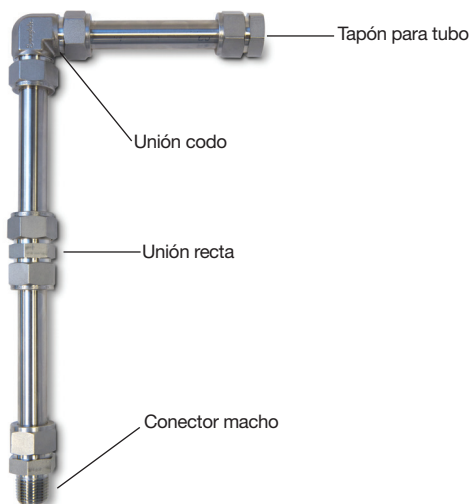


Figura 7-2 Composición de prueba típica.

	Cuerpo	Férula delantera	Férula trasera	Tuerca
Diámetro del orificio interior	X	X	X	X
Diámetro de la falda	X			
Diámetro exterior		X	X	
Longitud		X	X	X

Control de calidad

- Mida la variación total de las cotas de cada fabricante para comprobar la consistencia y el control de calidad.
- Nunca calcule la media de las variaciones de ninguna dimensión crítica. Porque la desviación máxima entre la medida más alta y la más baja en una dimensión crítica revelará mucho acerca del control de calidad del fabricante.
- Una planificación exhaustiva de las áreas indicadas es un tiempo bien empleado en asegurar un programa de ensayo completo, objetivo y eficaz, y la información recopilada puede determinar que no sean necesarias pruebas posteriores.

La mejor prueba para cualquier componente como un racor para tubo es el uso continuado en grandes cantidades y bajo diferentes condiciones de instalación y operación en campo.

Ejecución del Programa de pruebas

El siguiente análisis abarca nueve tipos de pruebas a racores para tubo. Algunos los puede realizar el usuario sin mayores gastos, mientras que otros es más práctico que los efectúe el fabricante debido al tiempo y gasto que comportan.

Prueba de fugas con gas

Son pruebas de integridad del cierre. Se deben realizar con gases inertes como el Nitrógeno o el Helio. Aunque el aire es aceptable. Las presiones de prueba deben ser al menos iguales a las presiones de servicio sugeridas por los fabricantes de tubo. Pueden utilizarse varios métodos de prueba en función del coste, del equipo disponible y la sensibilidad deseada. Éstos

incluyen la prueba por burbujeo (sumergida en agua); probar todas las conexiones con un detector de fugas líquido como Snoop; y métodos más sensibles como los detectores ultrasónicos, de lámpara de halógenos o el espectrómetro de masas de Helio con sonda mostrado abajo.



Figura 7-3 Prueba de fugas con Snoop.

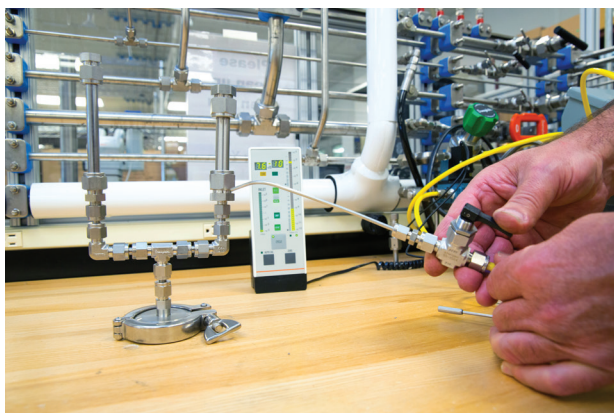


Figura 7-4 Prueba con sonda en sistema presurizado con Helio.

Un aspecto muy importante de las pruebas de fugas es determinar previamente qué consideramos como fuga. Se deben decidir la presión de la prueba y un caudal de fuga realista según los máximos requisitos de planta y las limitaciones de los racores y el tubo. La presión de la prueba se puede determinar multiplicando la presión de servicio de planta por un factor de seguridad adecuado, es decir por ejemplo:

$$68 \text{ bar (1000 psig)} \times 2 \text{ (2:1)} = 138 \text{ bar (2000 psig)}$$

Un error común es decidir no registrar una fuga si se puede parar mediante un apriete adicional. Si un racor se instala y se reutiliza según sus instrucciones, no debe fugar. La razón de esto es simular las condiciones de campo donde las fugas son caras.

Por ejemplo, un sistema con 100 conexiones se prueba como un sistema. Se localizan las fugas, se aíslan y se efectúan las reparaciones o sustituciones. Todos estos pasos representan costes, y el coste de las averías es elevado, aún si se pueden parar las fugas reapretando los racores.

Una fuga debe considerarse como tal, aún si se puede parar reapretando el racor.

Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados:



■ PTR-1388

■ PTR-3221

www.swagelok.com/TFM

El rendimiento de los racores se puede evaluar utilizando tres criterios de prueba específicos. Pruebas que permiten evaluar un racor bajo condiciones con dinámicas variables. Los Informes de ensayos de productos (PTR) Swagelok están disponibles bajo petición.

Pruebas de vacío

Son una excelente prueba de la integridad del cierre. Los racores que se apoyan en la presión interna del sistema para efectuar el cierre normalmente no superarán las pruebas de vacío.

Estas pruebas son aconsejables donde el vacío sea de uso corriente, especialmente el ultra alto vacío en instrumentos sofisticados. El equipo es caro, pero también lo es el coste de las fugas. Normalmente se usan detectores de fugas de Helio con espectrómetro de masa. El conjunto racor-tubo se instala en la puerta de vacío, se hace el vacío interno y se lanza un chorro de Helio con una pistola en todos los puntos de cierre.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados: PTR-1369. www.swagelok.com/TFM

Pruebas de desmontaje/reutilización

La capacidad de un racor para soportar muchos ciclos de desmontaje/reutilización es quizás la mejor prueba comparativa entre productos competidores. Estas pruebas pueden ser de extrema importancia en aplicaciones con racores de instrumentación donde el mantenimiento periódico requiere instalar, desmontar y reutilizar conexiones para tubo. Por tanto las pruebas de desmontaje/reutilización se deben realizar con mucho cuidado. Comparados con el uso en campo, los resultados de la prueba de desmontaje/reutilización pueden reducir enormemente los costes de los racores en servicio. Pero estas pruebas no serán representativas del servicio en campo a no ser que incorporen los siguientes dos procedimientos vitales:

1. Utilice conexiones variadas (codos, tes, cruces, uniones rectas, uniones pasamuros, conectores macho y hembra) para asegurar que se somete a prueba una muestra de racores justa y representativa, tal y como se comentó anteriormente.
2. Reinstale los conjuntos con la tuerca y férulas al azar en diferentes cuerpos para simular las condiciones de campo.

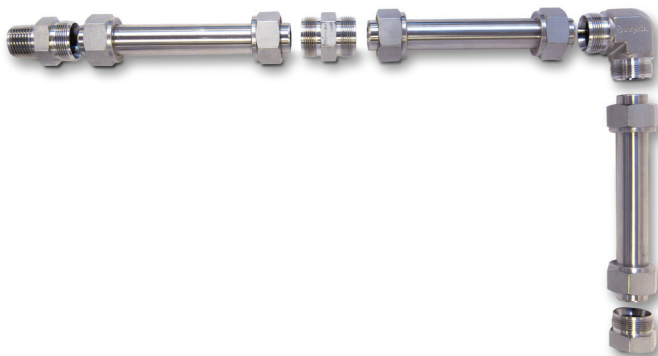


Figura 7-5 Prueba de desmontaje/reutilización típica.

Vamos a tratar el segundo procedimiento con más detalle para ver lo que realmente sucede en campo.

Si un instrumento analítico como un cromatógrafo requiere cambios de columna, el tubo con la tuerca y férulas se desinstala con la columna al desmontarla. El cuerpo del racor permanece instalado en el instrumento. Y en ese mismo cuerpo del racor se instala otra columna con otro conjunto de tubo tuerca y férulas.

En otro ejemplo, los instrumentos de medición como controladores o transmisores se desmontan del sistema con los cuerpos de los racores instalados mientras los conjuntos de tuerca y férulas permanecen en el mismo tubo. Y se sustituyen por otros instrumentos con otros cuerpos de racores instalados. Aquí cambian los cuerpos, pero los conjuntos de tuerca y férulas son los mismos. Se puede ver que en estas situaciones de desmontaje/reutilización reales, la misma combinación de tubo tuerca y férulas raramente ve el mismo cuerpo dos veces. Por tanto las pruebas de desmontaje/reutilización del conjunto de tubo tuerca y férulas repetidas sobre el mismo cuerpo no son representativas de las condiciones de desmontaje/reutilización reales en campo.

La importancia de la prueba de desmontaje/reutilización

Hay varias razones por las que las pruebas de desmontaje/reutilización son uno de los mejores medios de comprobación del control de calidad de cualquier fabricante de racores.

- Si debido al diseño del cierre, la férula se gripa en el área de cierre del cuerpo (especialmente en el acero inoxidable y otras aleaciones resistentes a la corrosión), cuando otra férula debe cerrar en la misma área de cierre dañada, frecuentemente se producen fugas—otra simulación de lo que sucede en campo.
- En relación al mecanismo de cierre, cuando hay muchas y distintas combinaciones de tubo tuerca y férulas que deben cerrar en diferentes puntos del área de cierre del cuerpo (porque en esos diseños es necesario acuñar o hacer una muesca en el área de cierre, en puntos ligeramente distintos cada vez), con frecuencia se producen fugas.
- La integridad de la rosca del cuerpo durante ciclos de desmontaje/reutilización repetidos es una indicación importante de un buen control de calidad y de un buen diseño.
- Las superficies de cierre lisas indican un buen control de calidad superficial. Obviamente en cualquier dispositivo de cierre metal metal, es necesario un buen acabado superficial. Pero el acabado superficial liso solo es el principio. Porque si esa superficie es degradada en gran medida durante

la instalación inicial y siguientes ciclos de desmontaje/reutilización, especialmente con diversos cuerpos distintos, hay una gran probabilidad de fugas durante el servicio. Las pruebas y los datos calculados muestran que la fuga varía en una función cúbica a medida que la uniformidad del cierre se degrada. Una mejora del 50% de la superficie de cierre supone una mejora del 800% en la integridad del cierre.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados:

■ PTR-383

■ PTR-395

www.swagelok.com/TFM

Ensayos de vibración con rotación y flexión

En general el coste del equipo especializado para estas pruebas hace que resulte poco práctico que las realice el usuario. Swagelok utiliza para las pruebas un motor de 1750 rpm con un bloque deflector que ajusta la desviación del eje del ensamblaje de tubo sometido a prueba.

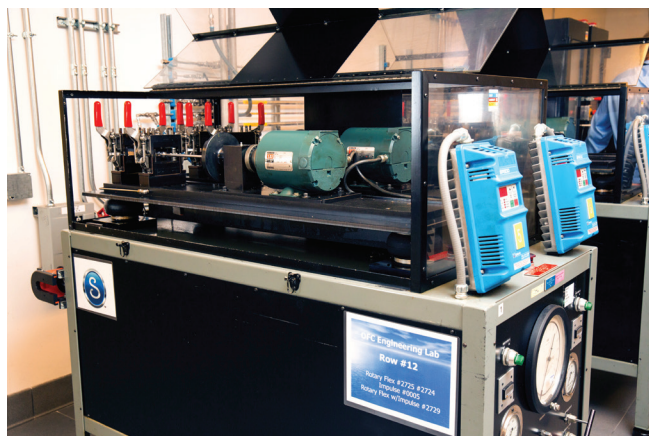


Figura 7-6 Banco de prueba de vibración.

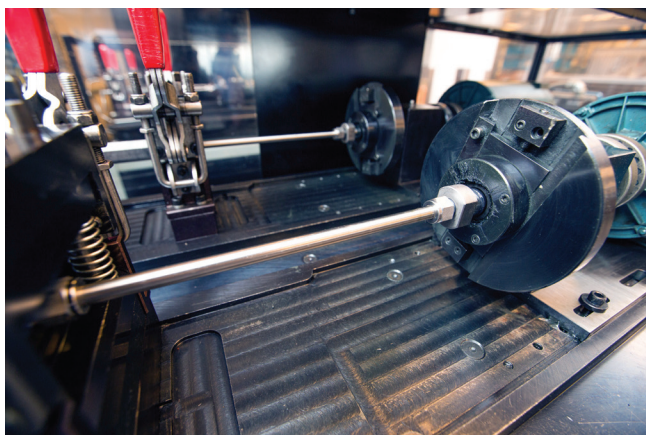


Figura 7-7 Deflexión del tubo ajustable para pruebas de vibración.

Se selecciona una presión interna (máxima presión de servicio del tubo).

El giro del motor hace que el extremo tapado del tubo se mueva en un círculo cuyo radio será la deflexión del tubo desde el eje.

La muestra de la prueba se somete a vibración por flexión hasta que se da alguna de las siguientes circunstancias:

- El racor fuga.
- El tubo se rompe.
- Se alcanzan diez millones de ciclos.

Un transductor de presión en línea detiene la prueba si detecta fugas en el racor o fractura por fatiga en el tubo.

Hemos observado otras pruebas en las que entre el racor de prueba y el bloque ajustable se hace una curva de 90° en el tubo. Pero esa condición ofrece resultados indeterminados; porque no es posible medir o estimar el estrés aplicado. La mejor práctica es seguir las directrices de ASME B31J, Método de prueba estándar para determinar factores de intensificación de esfuerzo (Factores i) para componentes de tuberías metálicas.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados: PTR-3222. www.swagelok.com/TFM

Ensayos de resistencia a la tracción

Estas pruebas generalmente son efectuadas solo por los fabricantes debido a los costes y a las características del equipo. Las pruebas de resistencia a la tracción se utilizan más para comprobar la capacidad de sujeción de los racores que la capacidad de cierre.

Los resultados permiten calcular la presión interna necesaria para provocar la separación, donde el tubo podría literalmente ser expulsado del racor. La mayoría de los racores de calidad sujetan el tubo a presiones hidráulicas cerca de la presión de rotura de éste. Trataremos la prueba de rotura hidráulica más adelante en este capítulo.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) donde puede buscar por los siguientes resultados: PTR-4060. www.swagelok.com/TFM



Figura 7-8 Prueba de resistencia a la tracción.

Pruebas de rotación

Estas pruebas se realizan en ocasiones para saber el par de torsión necesario para retorcer un tubo hasta el extremo de romper el cierre entre el tubo y la férula y provocar una fuga. Aunque podemos probar los racores de esta forma, la prueba raramente sería representativa de algún tipo de avería en campo.

Pruebas de impactos hidráulicos

Las pruebas de impactos hidráulicos normalmente son realizadas por los fabricantes para saber la capacidad de un conjunto de tubo y racor para resistir impactos severos y repentinos sin fallo.

El método de impactos de Swagelok consiste en sacudir un conjunto sometido a prueba con un impacto de $1,5 \times$ la presión máxima de servicio del tubo. Se utiliza una válvula de apertura rápida para efectuar el impacto a una frecuencia de 35 a 40 ciclos por minuto, hasta 100 000 ciclos de presión. Esto proporciona valiosos datos de información de prueba, pero no de tanto valor como el uso real en campo.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados: PTR-2849. www.swagelok.com/TFM



Figura 7-9 Prueba de impacto hidráulico.

Pruebas de rotura hidráulica

Las pruebas de rotura hidráulica son una prueba excelente de capacidad de sujeción, pero insuficiente para la capacidad de cierre.

Aunque pueden ser significativas si están diseñadas correctamente para probar el racor. En nuestras propias pruebas del programa general se evita que se rompa el tubo mediante bloques de sujeción, forzando de ese modo el fallo en la unión del tubo al racor.

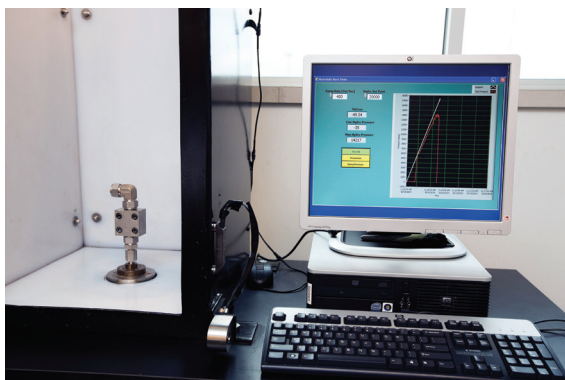


Figura 7-10 Prueba de rotura hidráulica.

La presión se incrementa gradualmente y se registra cuando alguna de las siguientes condiciones no permite aplicar más presión:

- Pérdida de la sujeción del tubo
- Rotura del material
- Fugas

Entonces se comparan los resultados con la presión de servicio del tubo.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados: PTR-3220. www.swagelok.com/TFM



Figura 7-11 Deformación del tubo antes de la rotura.



Figura 7-12 Rotura del tubo.

Pruebas de ciclos térmicos

La variación térmica cíclica es uno de los servicios más duros que un racor pueda soportar.

Ejemplos:

- Vapor
- Criogenia
- Medioambiente ártico o tropical
- Fluidos para transferencia de calor como metales líquidos
- Simulación aeroespacial
- Hornos, cámaras y columnas de instrumentación analítica

Una vez más, el coste de construir unas instalaciones es generalmente prohibitivo, excepto para un fabricante importante de racores o mediante un programa de investigación subvencionado por el gobierno.

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los grandes usuarios de racores tienen sus propios laboratorios de pruebas a la medida de sus aplicaciones en planta. En el caso de los ciclos térmicos la mayoría de las plantas de proceso tienen algunos o todos los servicios mencionados anteriormente.



Consulte los Informes de ensayos sobre el rendimiento de los racores para tubo ([MS-06-108](#)) y busque por los siguientes resultados:

- PTR-386
- PTR-392
- PTR-2835 (alta temperatura)
- PTR-2836 (baja temperatura)

www.swagelok.com/TFM

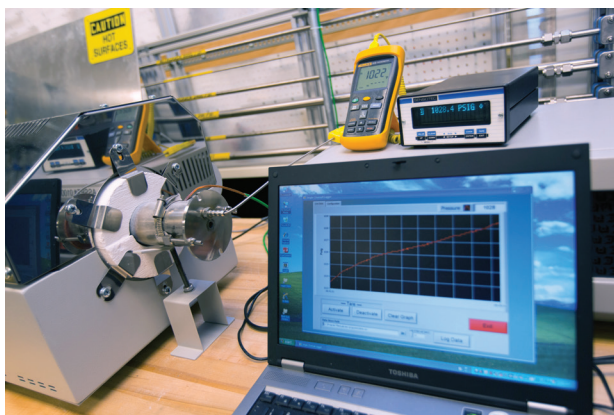


Figura 7-13 Prueba con gas a 68 bar (1000 psig) y 538°C (1000°F).

Factores que afectan a los cierres

En general la integridad del cierre entre los componentes del racor se ve seriamente afectada por las oscilaciones de la temperatura. Los factores que afectan directamente a los cierres incluyen:

- Espesor de pared relativo (tubo de pared delgada con espesor de pared relativamente alto del racor)
- Diferencial entre coeficientes de dilatación térmica (tubo de cobre con racor de latón)
- Longitud de apoyo del tubo dentro del racor (que afecta a la transferencia de calor ya que el tubo se enfría antes que el racor)
- Régimen de cambio de temperatura (el choque térmico o cambio muy brusco de temperatura es mucho más severo que la oscilación de temperatura más lenta)

Efectos del vapor

Entre todas las aplicaciones de ciclos térmicos el vapor es quizá el fluido más común y en muchos aspectos el más difícil. Sus propiedades erosivas son bien conocidas y también impiden frecuentemente la posibilidad del reapriete si se produce una fuga. Una fuga de vapor erosivo a alta velocidad que pasa a través de un orificio muy pequeño, normalmente incrementa en gran medida el caudal de fuga inicial y también el coste de las fugas. El reapriete raramente para la primera fuga (particularmente en tubo de cobre y tubo de traceado con vapor), porque el vapor a alta velocidad abre un paso cada vez más profundo en el tubo blando, bajo la férula de cierre.

Evaluar Informes de ensayos de producto (PTR)

Es importante entender los parámetros de prueba al evaluar Informes de ensayos de productos. La primera pregunta es si se han aplicado los mismos parámetros a todos los racores. Las pruebas no serán comparables si la duración es más corta o si se ha utilizado agua o aceite hidráulico en lugar de gases más ligeros como el Nitrógeno, aire o Helio. También, y como hemos mencionado anteriormente, las instalaciones de laboratorio tienden a estar más dirigidas que las instalaciones en campo.

La mejor prueba para cualquier componente como un racor para tubo es el uso continuado en grandes cantidades y bajo diferentes condiciones de instalación y operación en campo.

Mezcla/intercambio

Muchos fabricantes afirman que los componentes de sus racores son intercambiables y/o se pueden mezclar con los racores Swagelok. Y acompañan esas afirmaciones con algunos datos de pruebas. Pero esas pruebas frecuentemente están sujetas a muchos de los peligros mencionados previamente en este capítulo (falta de objetividad, orientación a resultados predeterminados, falta de validez estadística, extrapolación, etc.).

Debe observarse que muchos usuarios de racores para tubo han desarrollado sus propias pruebas de intercambiabilidad de componentes. Y generalmente coinciden en que el intercambio de componentes es una práctica no recomendada o aceptada.

Más allá de eso existe el hecho de que no hay ninguna normativa externa de diseño comercial que gobierne el diseño y dimensiones de los componentes de Swagelok u otros racores para tubo con férulas. La falta de normativas externas de diseño significa que los resultados de las pruebas no serían reproducibles.

Vea el Capítulo 1, página 15 para ampliar la información acerca de la mezcla/intercambio en los racores.

Resumen

Planifique programas de pruebas con racores, tubo, materiales y configuraciones que aseguren la objetividad y validez estadística evitando resultados predeterminados o extrapolaciones. Ponga especial atención a esas mismas consideraciones cuando evalúe resultados de pruebas de otras fuentes.

Reconozca el hecho de que las plantas en funcionamiento representan el laboratorio más fiable posible. Ignorar los resultados de campo y confiar en los programas de laboratorio limitados es pasar por alto los datos más valiosos.

Capítulo 8

Roscas

Tabla de contenidos

Introducción	194
Terminología de las roscas	194
Roscas de tubería	196
Roscas cónicas	196
Rosca NPT (National Pipe Tapered)	197
Rosca NPTF (National Pipe Tapered Dryseal)	198
Rosca ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper)	198
Roscas paralelas	200
Rosca de paso unificado	200
Rosca ISO 228/1 (British Standard Pipe Parallel)	201
Rosca Métrica (ISO 261)	202
Roscas de paso unificado	204
Saliente de la Rosca interna SAE/MS paralela	205
Roscas Métricas (ISO 261)	207
Aspectos a tener en cuenta	208

Introducción

Un buen cierre roscado depende de multitud de variables: la calidad y limpieza de las roscas, la temperatura, el material del componente, el par de apriete, el peso específico del fluido del sistema y las presiones de operación del sistema.

El tipo de rosca utilizado en una conexión puede mejorar la calidad del cierre. En este capítulo se muestran las roscas más comunes y su uso típico. Es importante observar que incluso operarios con experiencia tienen a veces dificultades para identificar las roscas, independientemente de su procedimiento de identificación y de la calidad de sus galgas.

Terminología de las roscas

Las roscas tienen picos y valles, normalmente llamados **crestas** y **valles** respectivamente. La superficie entre la cresta y el valle es el *flanco*.

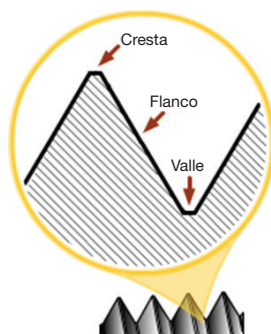


Figura 8-1 Terminología de las roscas.

Los hilos también tienen un *paso* y un *ángulo* según se muestra aquí.

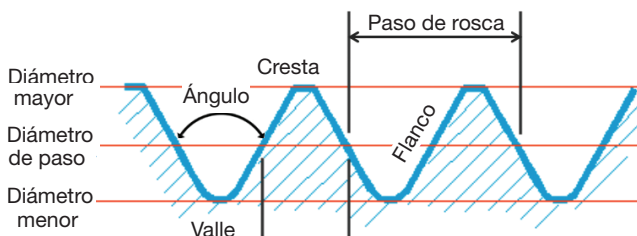
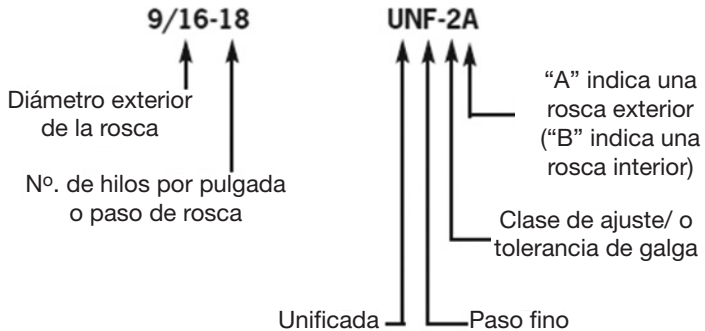


Figura 8-2 El paso de una rosca.

Las roscas de paso unificado son las más comunes en la industria de los productos roscados. Casi todos los racores para tubo y válvulas las utilizan en la tuerca y extremos roscados, vástagos de válvulas, tuercas de bloqueo, contratuercas, etc.



Esta rosca siempre tiene un ángulo entre hilos de 60°.

Figura 8-3 Designación típica.

La siguiente nomenclatura:

- UNC (grueso), o
- UNF (fino), o
- UNEF (ultra fino),

define la relación entre los hilos por pulgada y el diámetro de la rosca.

Por ejemplo:

- 5/16-18 es una rosca UNC
- 5/16-24 es una rosca UNF
- 5/16-32 es una rosca UNEF

Pero lo que define *grueso*, *fino* o *ultra fino* no es solo el número de hilos por pulgada, sino la relación entre los hilos por pulgada y el diámetro de la rosca.

Por ejemplo:

- 1/4-20 es una rosca UNC (de paso grueso)
- 7/16-20 es una rosca UNF (de paso fino)
- 3/4-20 es una rosca UNEF (de paso ultra fino)

Las roscas de paso unificado son paralelas (no cónicas), y se identifican por el OD de la rosca y los hilos por pulgada. Un ejemplo puede ser un puerto de 3/8 pulg. SAE con una rosca de 9/16-18 UNF-2A.

Todos los racores Swagelok utilizan roscas de paso unificado (American National screw threads) donde una tuerca y un cuerpo se engranan para producir el avance de la tuerca que permite deformar las férulas sobre el tubo.

Roscas de tubería

Hay dos categorías genéricas de roscas, las *cónicas* y las *paralelas*. Esto se refiere a cómo los hilos de las roscas se aplican a la conexión final en relación al centro de rotación de la forma de la rosca.

Roscas cónicas

Las roscas cónicas tienen normalmente un ángulo de conicidad de $1^{\circ}47'$ (es decir, 1/16 pulg. por pie). Están diseñadas para crear el cierre por interferencia entre los flancos de los hilos de la rosca. Aunque las tolerancias de fabricación y los límites de truncado de crestas y valles raramente crearán un cierre sin fugas.

- Las roscas cónicas cierran mediante un ajuste por interferencia. Por tanto no se puede conseguir que las tolerancias de ángulos, longitudes, alturas, etc., sean tan estrictas como para efectuar un cierre.
- Las roscas macho no se pueden fabricar con tolerancias que permitan efectuar el cierre en una rosca cónica hembra sin utilizar un sellante.

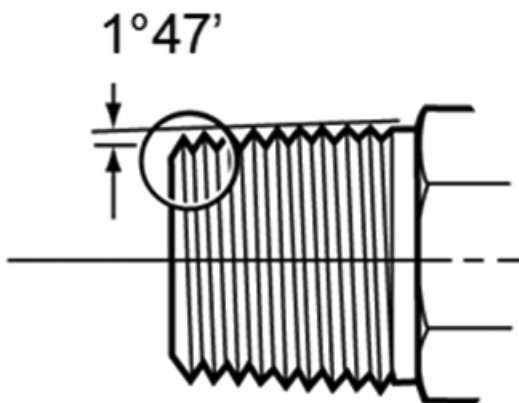


Figura 8-4 Cónica (dinámica).

Por este motivo siempre es necesario un buen sellante para rellenar los espacios vacíos entre las crestas y los valles e impedir que los fluidos del sistema penetren en la conexión. Sellantes como la cinta de PTFE Swagelok rellenan los espacios entre los hilos de las roscas. El sellante también actúa como lubricante anti gripado entre las superficies de cierre. Las fugas por gripado de los hilos son frecuentes en las roscas de acero inoxidable y otras aleaciones de níquel propensas al agarrotamiento.

Swagelok fabrica conexiones finales con dos tipos de roscas cónicas. Estas son la NPT y la ISO 7/1.

NPT (National Pipe Tapered)

- Ángulo de conicidad = $1^{\circ}47'$
- El truncado de valles y crestas es plano
- Paso de rosca medido en hilos por pulgada
- Ángulo de los hilos 60°

Normativas:

- ANSI/ASME B1.20.1
- SAE AS71051

La rosca NPT se fabrica según las especificaciones de ANSI B1.20.1. Esta es la rosca utilizada en los extremos roscados de todos los racores Swagelok que llevan la abreviatura NPT en el Catálogo general de productos.

Swagelok fabrica conexiones finales NPT que superan la normativa ANSI B1.20.1 (Roscas cónicas, excepto Dryseal). Siempre es necesario algún tipo de sellante para roscas. La cinta de PTFE Swagelok está hecha específicamente para sellar roscas cónicas. La pasta SWAK Swagelok es un sellante anaeróbico con PTFE para roscas cónicas. Para ampliar la información consulte a su representante autorizado de Swagelok.

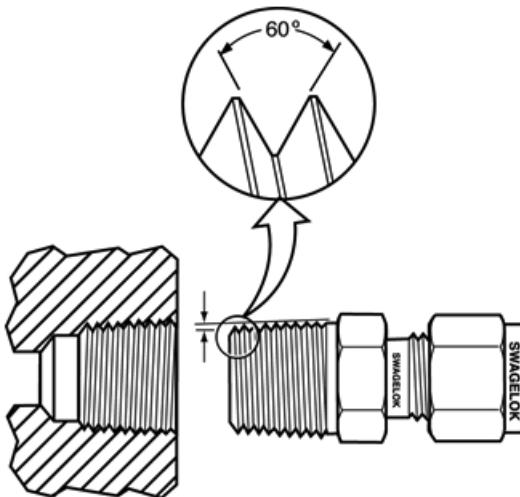


Figura 8-5 NPT.

Rosca NPTF (National Pipe Tapered Dryseal)

La rosca NPTF está fabricada según las especificaciones definidas en ANSI B1.20.3. Este extremo roscado se utiliza en algunos equipos hidráulicos y a veces se especifica para material militar.

En las roscas “Dryseal” los valles de los hilos tienen un truncado mayor que las crestas, de forma que el ajuste por interferencia hace que los valles aplasten las crestas de los hilos roscados produciendo el gripado. En teoría tras la instalación las crestas, valles y flancos están en pleno contacto, condición que causa el gripado especialmente en acero inoxidable u otras aleaciones de níquel sin lubricación o sellante.

Los racores Swagelok no se fabrican con roscas cónicas Dryseal.

Rosca ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper)

- Swagelok RT
- Ángulo de conicidad = $1^{\circ}47'$
- El truncado de valles y crestas es redondeado
- Paso de rosca medido en hilos por pulgada
- Ángulo de los hilos 55°

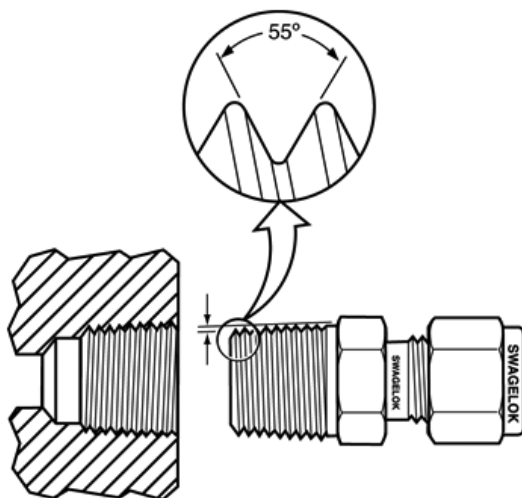


Figura 8-6 ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper).

Normativas:

- BS EN 10226-1
- JIS B0203
- BS 21
- DIN 2999

Las roscas cónicas ISO son equivalentes a DIN 2999, BSPT y JIS B0203.

En la práctica las roscas ISO se usan de forma similar a las roscas NPT. Aunque es importante tener cuidado para no mezclar ISO y NPT. Porque las roscas ISO tienen un ángulo de hilos de 55° y las roscas NPT de 60°. El paso de rosca normalmente se mide en milímetros pero puede ser expresado en pulgadas. En muchos tamaños el número de hilos por pulgada es diferente, y la configuración de valles y crestas es diferente a NPT.

Tabla comparativa: Roscas cónicas

Tamaño nominal	Hilos por pulgada	Ø Ext. de la tubería (OD)	Ángulo de hilo de rosca	Paso de rosca
1/16 pulg.	NPT/NPTF	27	0,313 pulg.	60°
	ISO	28	0,312 pulg.	55°
1/8 pulg.	NPT/NPTF	27	0,405 pulg.	60°
	ISO	28	0,398 pulg.	55°
1/4 pulg.	NPT/NPTF	18	0,540 pulg.	60°
	ISO	19	0,535 pulg.	55°
3/8 pulg.	NPT/NPTF	18	0,675 pulg.	60°
	ISO	19	0,672 pulg.	55°
1/2 pulg.	NPT/NPTF	14	0,840 pulg.	60°
	ISO	14	0,843 pulg.	55°
3/4 pulg.	NPT/NPTF	14	1,050 pulg.	60°
	ISO	14	1,060 pulg.	55°
1 pulg.	NPT/NPTF	11-1/2	1,315 pulg.	60°
	ISO	11	1,331 pulg.	55°
1 1/4 pulg.	NPT/NPTF	11-1/2	1,660 pulg.	60°
	ISO	11	1,669 pulg.	55°
1 1/2 pulg.	NPT/NPTF	11-1/2	1,900 pulg.	60°
	ISO	11	1,900 pulg.	55°
2 pulg.	NPT/NPTF	11-1/2	2,375 pulg.	60°
	ISO	11	2,374 pulg.	55°

Roscas paralelas

Las roscas paralelas (también llamadas rectas) se roscan en paralelo a su eje.

- A diferencia de las roscas cónicas que cierran al unirse los flancos de los hilos, en las roscas paralelas no hay interferencia entre flancos, crestas y valles.
- Las roscas paralelas están presentes en casi todos los racores y válvulas, en las tuercas y cuerpos de las conexiones finales, vástagos de válvulas, tuercas de bloqueo y contratuercas, etc.

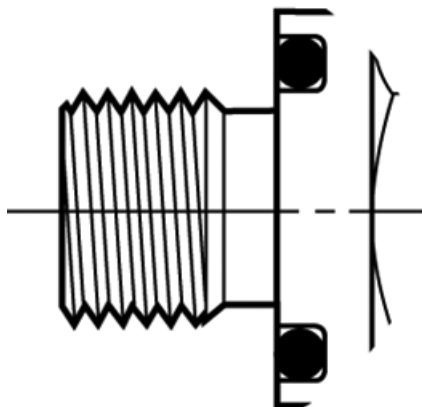


Figura 8-7 Paralela (mecánica).

Los productos Swagelok se fabrican utilizando una gran variedad de roscas paralelas fraccionales y métricas. Aunque las dos series de roscas paralelas más comunes son las roscas de paso unificado e ISO 228/1, las roscas métricas (ISO 261) también son una opción frecuente en algunos componentes Swagelok.

Rosca de paso unificado

- Cierre con junta tórica Swagelok ST
- Ángulo de los hilos 60°
- Paso de rosca medido en hilos por pulgada
- El truncado de valles y crestas es plano

Normativa:

- ANSI/ASME B1.1
- Rosca paralela SAE/MS

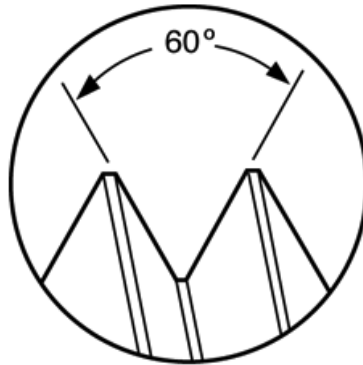


Figura 8-8 Rosca de paso unificado con 60° de ángulo entre hilos.

Rosca ISO 228/1 paralela (British Standard Pipe Parallel)

- Swagelok RP, RS, RG, RJ
- Ángulo de los hilos 55°
- Paso de rosca medido en hilos por pulgada
- El truncado de valles y crestas es redondeado

Normativa:

- JIS B0202
- BSPP

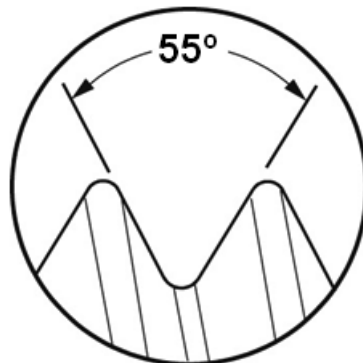


Figura 8-9 ISO 228 con ángulo de hilos de 55°.

Las roscas ISO paralelas son equivalentes a DIN ISO 228/1, BSPP y JIS B0202. La configuración de estas roscas es parecida a la de las roscas 7/1 a excepción de que no son cónicas. Por lo que no trabajan por interferencia entre hilos como las roscas cónicas ISO 7/1 o NPT. Normalmente se utiliza una junta plana o una junta tórica para efectuar el cierre en el interior de la rosca hembra. Y en algunos casos el cuerpo se aprieta hasta que una superficie mecanizada en el hexágono se encaja contra el componente hembra. En estos casos la horizontalidad de la superficie perpendicular al eje de la rosca es esencial.

Métrica (ISO 261)

- Ángulo de los hilos 60°
- Paso de rosca medido en milímetros
- El truncado de valles y crestas es plano y de anchura diferente

Normativa:

- ISO 68-1
- JIS B0205
- ANSI/ASME B1.13M

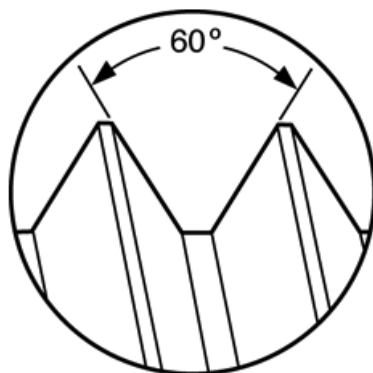


Figura 8-10 Rosca métrica (ISO 261) con ángulo de hilos de 60° .

A diferencia de las roscas cónicas, las roscas paralelas no cierran por sí mismas. Y los sellantes, aunque sean de buena calidad no pueden sellar de forma fiable estas roscas. A continuación se describen cuatro métodos de sellado entre componentes macho y hembra de roscas ISO 228/1.

1. Cierre metal metal entre la cara del hexágono del cuerpo y la cara del componente con la rosca hembra (rosca Swagelok "RP").

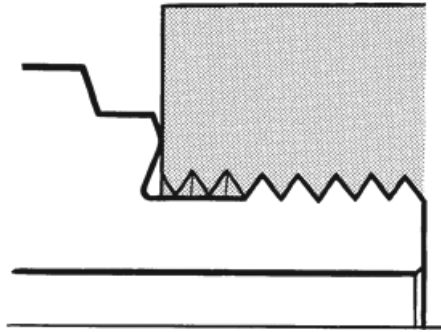


Figura 8-11 Cierre metal metal.

2. Una junta plana (normalmente de cobre) efectúa el cierre entre la cara del cuerpo y la cara del componente con la rosca hembra (rosca Swagelok "RP").

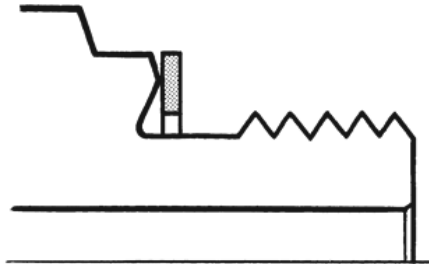


Figura 8-12 Cierre con junta plana metálica.

3. Un cono autocentrante mecanizado en el hexágono centra una arandela mixta (normalmente de metal y elastómero) para sellar la superficie alrededor de la rosca hembra (rosca Swagelok "RS").

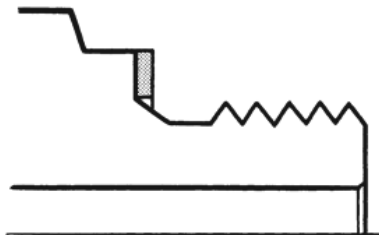


Figura 8-13 Cierre con junta mixta.

4. Una junta plana se introduce en el fondo plano de la rosca hembra. La cara frontal de la rosca macho ejerce presión sobre la junta para crear el cierre (rosca Swagelok "RG").

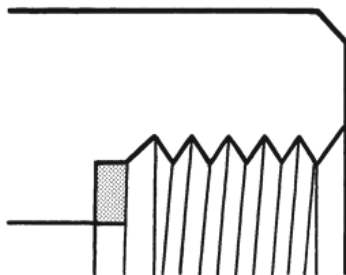


Figura 8-14 Junta plana de cierre.

Roscas de paso unificado

- Ángulo de los hilos 60°
- Paso de rosca medido en pulgadas
- El truncado de valles y crestas es plano
- Diámetro medido en pulgadas

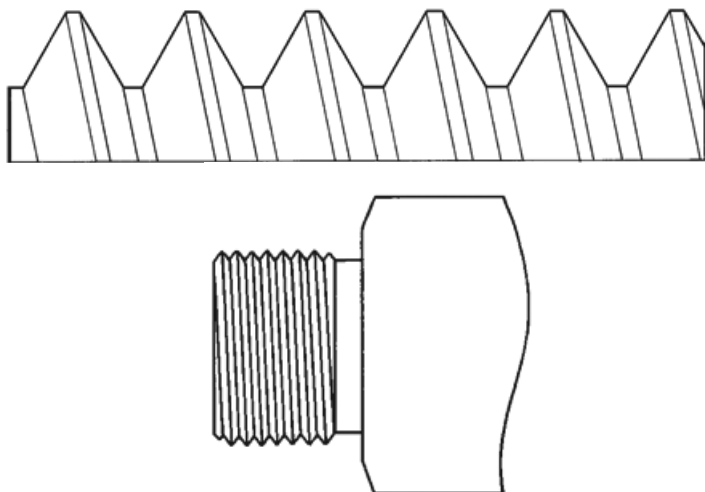


Figura 8-15 Rosca de paso unificado estándar americana.

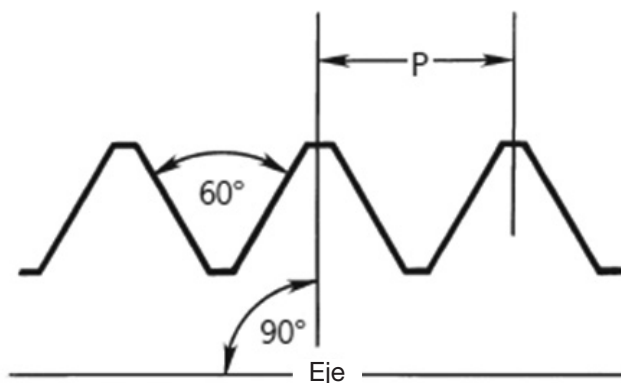


Figura 8-16 Roscas paralelas.

Las roscas de paso unificado se utilizan comúnmente en la industria hidráulica y en material militar. Los racores Swagelok con rosca SAE/MS paralela se utilizan para cerrar puertos SAE/MS por medio de juntas tóricas. A continuación se muestran las cotas y otras dimensiones de las roscas SAE según la normativa SAE J1926:

Saliente de la Rosca interna SAE/MS paralela

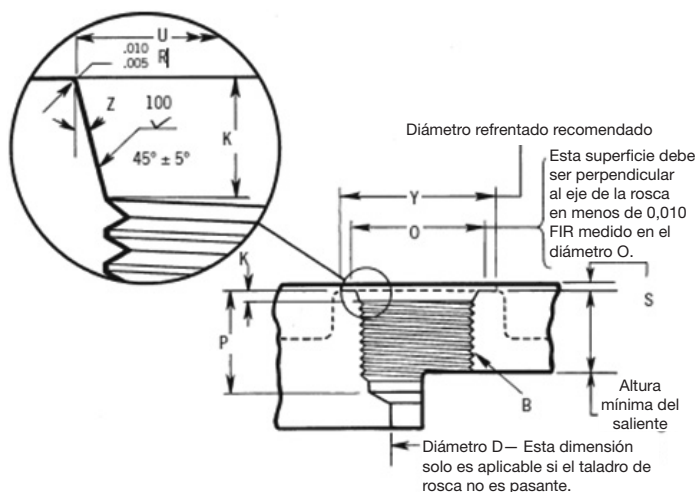


Figura 8-17 Saliente de la Rosca interna SAE/MS paralela.

Dimensiones de puertos SAE J1926/1

Ø ext. nom. tubo	B Rosca paralela						J Prof. total rosca	K +0,015 -0,00	O Diá.		P§		S†		U* Diá.		Y† Diá.	Z ±1 Grado
	Tamaño rosca	Diámetro exterior		Diámetro menor		D Diá. Min			Min	Min	Min	Máx	Máx	Máx	Máx			
		Min	Máx	Min	Máx													
1/8	5/16-24	0,2854	0,2902	0,267	0,277	0,062	0,390	0,074	0,438	0,468	0,062	0,358	0,674	12				
3/16	3/8-24	0,3479	0,3528	0,330	0,340	0,125	0,390	0,074	0,500	0,468	0,062	0,421	0,753	12				
1/4	7/16-20	0,4050	0,4104	0,383	0,395	0,172	0,454	0,093	0,563	0,547	0,062	0,487	0,832	12				
5/16	1/2-20	0,4675	0,4731	0,446	0,457	0,234	0,454	0,093	0,625	0,547	0,062	0,550	0,911	12				
3/8	9/16-18	0,5264	0,5323	0,502	0,515	0,297	0,500	0,097	0,688	0,609	0,062	0,616	0,989	12				
1/2	3/4-16	0,7094	0,7159	0,682	0,696	0,391	0,562	0,100	0,875	0,688	0,094	0,811	1,186	15				
5/8	7/8-14	0,8286	0,8356	0,798	0,814	0,484	0,656	0,100	1,000	0,781	0,094	0,942	1,344	15				
3/4	1 1/16-12	1,0084	1,0158	0,972	0,990	0,609	0,750	0,130	1,250	0,906	0,094	1,148	1,619	15				
7/8	1 3/16-12	1,1334	1,1409	1,097	1,115	0,719	0,750	0,130	1,375	0,906	0,094	1,273	1,777	15				
1	1 5/16-12	1,2584	1,2659	1,222	1,240	0,844	0,750	0,130	1,500	0,906	0,125	1,398	1,934	15				
1 1/4	1 5/8-12	1,5709	1,5785	1,535	1,553	1,078	0,750	0,132	1,875	0,906	0,125	1,713	2,288	15				
1 1/2	1 7/8-12	1,8209	1,8287	1,785	1,803	1,312	0,750	0,132	2,125	0,906	0,125	1,962	2,564	15				
2	2 1/2-12	2,4459	2,4540	2,410	2,428	1,781	0,750	0,132	2,750	0,906	0,125	2,587	3,470	15				

Todas las dimensiones son en pulgadas.

* La tolerancia de concentricidad entre el diámetro U y el diámetro exterior de la rosca debe ser de 0,005 de lectura total de indicador (FIR), y la superficie no debe tener marcas de herramientas longitudinales ni espirales. Se admiten marcas anulares hasta un máximo de 100 µpul.

• Profundidad máxima recomendada de la cara refrentada que permita un agarre suficiente de la llave para el apriete adecuado de la contratuercu o del racor.

† Si la cara del saliente está en una superficie mecanizada, las dimensiones Y y S no son aplicables.

§ Las profundidades de mecanizado de rosca dadas requieren el uso de machos de rosca de fondo para conseguir las longitudes totales de rosca especificadas. Si se utilizan machos de rosca estándar las profundidades de mecanizado se deben alargar según corresponda.

Nota: Los puertos MS16142 son casi idénticos a los puertos SAE excepto en las dimensiones de la cara refrentada.

Roscas métricas (ISO 261)

- Ángulo de los hilos 60°
- Paso de rosca medido en milímetros
- El truncado de valles y crestas es plano y de anchura diferente
- Diámetro medido en milímetros

Las roscas métricas son paralelas (no cónicas) y se utilizan frecuentemente para conectar equipos con roscas métricas. El sistema es similar al de la rosca de paso unificado mencionado anteriormente, pero se especifican de la siguiente forma. La siguiente figura muestra la designación de una rosca de 10 mm OD $\times$ 1,5 mm de paso de rosca:

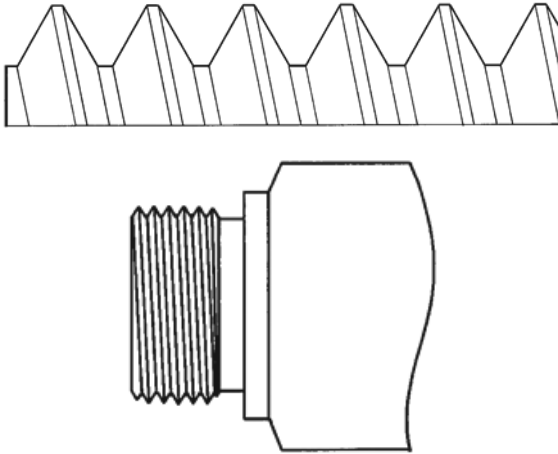


Figura 8-18 Organización Internacional de Normalización (ISO) métrico.

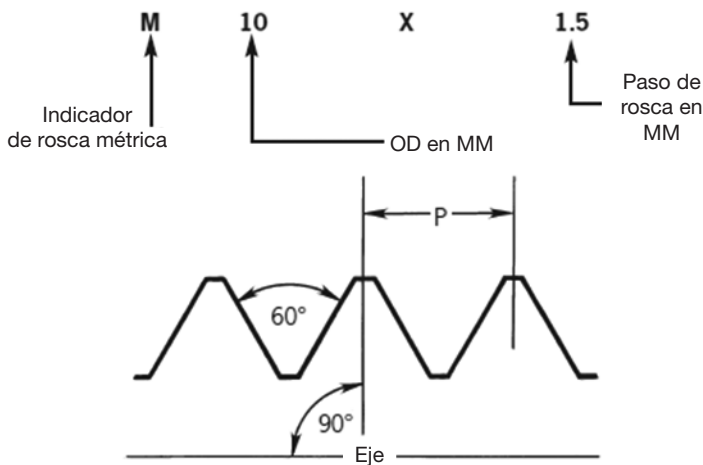


Figura 8-19 Designación típica.

Para efectuar el cierre entre componentes con rosca métrica macho y hembra se utiliza una junta plana o una junta tórica.

Otros aspectos a tener en cuenta

- Al instalar un producto Swagelok con una conexión final roscada, ésta debe instalarse siempre en primer lugar debido a la rotación necesaria para conectar la rosca.
- Las roscas cónicas siempre necesitan un sellante para cerrar los sistemas de fluidos y prevenir el gripado durante la instalación. Consulte en el Capítulo 3 la sección de sellantes para roscas para ampliar la información sobre cómo aplicar los sellantes.



Consulte el catálogo Swagelok Roscas y Conexiones finales, Guía de identificación ([MS-13-77ES](#)) para ampliar la información. www.swagelok.com/TFM

Capítulo 9

Capacidades de presión

Tabla de contenidos

Cálculo del tubo y Capacidades de presión	210
Servicio de gas	212
Tablas de tubo para servicio de gas	213
Presión de servicio admisible sugerida para acero inoxidable y cobre	214
Tabla 1 —Tubo de acero inoxidable sin soldadura fraccional	214
Para tubo soldado	214
Información de pedido sugerida	215
Tabla 2 —Tubo de acero inoxidable sin soldadura métrico	216
Para tubo soldado	216
Información de pedido sugerida	217
Tabla 3 —Tubo de cobre fraccional	218
Información de pedido sugerida	218
Tabla 4 —Tubo de cobre métrico	219
Información de pedido sugerida	219
Factores para determinar la presión de servicio del tubo a temperaturas elevadas	220
Presión de servicio de las conexiones roscadas	221

Cálculo del tubo y Capacidades de presión

El diámetro exterior (OD) y el diámetro interior (ID) del tubo están relacionados por las siguientes fórmulas:

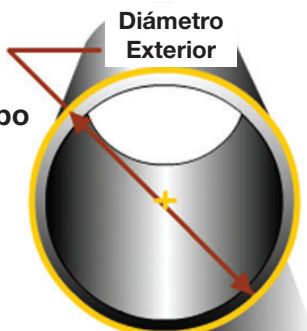
- $OD \text{ del tubo} = 2t + ID \text{ del tubo}$
- $ID \text{ del tubo} = OD \text{ del tubo} - 2t$
- Donde t = Espesor de la pared del tubo

El espesor de pared adecuado del tubo que debe contener presión interna se encuentra disponible en las tablas Presión de servicio admisible sugerida del Catálogo Datos de tubo ([MS-01-107ES](#)). Todos los valores de presión del tubo están basados en el Código ANSI para Tuberías a presión B31.3-2012.



Consulte el catálogo Swagelok Datos de tubo ([MS-01-107ES](#)) para información sobre las presiones de servicio de diversos materiales y espesores de pared del tubo. www.swagelok.com/TFM

$$OD \text{ del tubo} = 2t + ID \text{ del tubo}$$



$$ID \text{ del tubo} = OD \text{ del tubo} - 2t$$

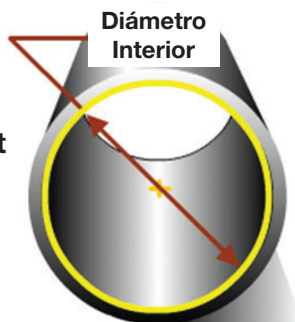


Figura 9-1 Definiciones de OD e ID.

Todos los valores de presión están calculados en base a la pared mínima y al OD máximo dentro de las especificaciones ASTM para tubo. De este modo se establece un valor conservador basado en las condiciones del caso más desfavorable. Debido a que diversas especificaciones ASTM tienen tolerancias de espesor de pared y de diámetro exterior diferentes, el uso de tubo comprado usando especificaciones ASTM distintas a las indicadas en el catálogo Datos de tubo ([MS-01-107ES](#)) puede suponer algunos cambios en las presiones de servicio mostradas en las tablas.

Por ejemplo, vamos a utilizar tubo de acero inoxidable sin soldadura de 3/8 pulg. OD $\times$ 0,049 pulg. de espesor de pared comprado según la especificación ASTM A269.

OD nominal	0,375
OD real	0,370 a 0,380 pulg. ($\pm 0,005$ pulg.)
Espesor de pared nominal	0,049 pulg.
Espesor de pared real	0,042 a 0,056 pulg. (± 15 %)

Presión de servicio basada en el OD y espesor de pared nominal = 401 bar (5820 psi)

Presión de servicio basada en el espesor de pared mínimo real (0,042 pulg.) y OD máximo real (0,380 pulg.) = 335 bar (4860 psi)

(Redondeando el valor de la tabla a la centena anterior 100 psi = 331 bar 4800 psi)

No se ha tenido en cuenta el efecto de la corrosión o la erosión en el catálogo Datos de tubo. La expresión *máxima presión admisible* utilizada en este capítulo se define como la presión máxima que se dará en un sistema. La presión de servicio admisible debería basarse en la máxima presión que razonablemente se pueda esperar en algún momento en el sistema. Entonces el diseñador del sistema, conociendo las demás variables de éste puede asignar un factor de seguridad adecuado y basado en su experiencia con el sistema.

Servicio de gas

Los gases (aire, hidrógeno, helio, nitrógeno, etc.) tienen moléculas muy pequeñas que pueden escapar incluso por la más mínima ranura. Y algunos de los defectos de la superficie del tubo pueden suponer esa mínima ranura. Cuanto mayor es el OD, más fácil es que arañazos u otros defectos superficiales impidan un buen cierre.

Para obtener los mejores resultados al conectar sistemas de gases se deben seguir atentamente todas las instrucciones de instalación, y seleccionar el tubo de mayor espesor de pared mostrado fuera de la zona sombreada en las tablas del catálogo Datos de tubo.

El tubo de pared gruesa ofrece más resistencia a la acción de las férulas que el de pared delgada, lo cual favorece que las férulas eliminen las pequeñas imperfecciones superficiales. El tubo de pared delgada se aplastará y ofrecerá poca resistencia a la acción de la férula durante el apriete. Eso reduce la posibilidad de acuñar los defectos superficiales como los arañazos. Para asegurar la fiabilidad frente a los defectos superficiales en cualquier sistema de gas, utilice un espesor de pared no inferior a lo siguiente:

Tablas de tubo para servicio de gas

Tamaños fraccionales en pulgadas

Ø ext. del tubo	Espesor mínimo Pared nominal	Ø ext. del tubo	Espesor mínimo Pared nominal
1/8	0,028	3/4	0,065
3/16	0,028	7/8	0,083
1/4	0,028	1	0,083
5/16	0,035	1 1/4	0,109
3/8	0,035	1 1/2	0,134
1/2	0,049	2	0,180
5/8	0,065		

Tamaños métricos en milímetros

Ø ext. del tubo	Espesor mínimo Pared nominal	Ø ext. del tubo	Espesor mínimo Pared nominal
3	0,8	18	1,5
6	0,8	20	1,8
8	1,0	22	2,0
10	1,0	25	2,2
12	1,0	28	2,5
14	1,2	30	3,0
15	1,5	32	3,0
16	1,5	38	3,5

Presión de servicio admisible sugerida para acero inoxidable y cobre

Tabla 1 — Tubo de acero inoxidable sin soldadura fraccional

Las presiones de servicio admisibles son calculadas con un valor S de 20 000 psi (137,8 MPa) para tubo ASTM A269 a una temperatura de -28 a 37°C (-20 a 100°F), y tubo ASTM A213 a una temperatura de -28 a 37°C (-20 a 100°F), tal y como se indica en ASME B31.1, salvo excepciones.

Para tubo soldado

En el caso del tubo soldado y estirado se debe aplicar un factor de corrección para mantener la integridad de la soldadura.

- Para tubo con doble cordón de soldadura, multiplique la presión de servicio por 0,85.
- Para tubo con un cordón de soldadura, multiplique la presión de servicio por 0,80.

Ø Ext. del tubo pulg.	Espesor de pared del tubo, pulg.															Serie Swagelok	
	0,010	0,012	0,014	0,016	0,020	0,028	0,035	0,049	0,065	0,083	0,095	0,109	0,120	0,134	0,156		0,188
	Presión de servicio, psig Nota: Para servicio de gases, seleccione un espesor de pared del tubo fuera de la zona sombreada. (Vea Servicio de gas, página 212.)																
1/16	5600	6800	8100	9400	12 000												100
1/8						8500	10 900										200
3/16						5400	7000	10 200									300
1/4						4000	5100	7500	10 200 ^①								400

Tabla 2—Tubo de acero inoxidable sin soldadura métrico

Las presiones de servicio admisibles son calculadas con un valor S de 20 000 psi (137,8 MPa) para tubo EN ISO 1127 (tolerancia D4, T4 para tubo de 3 a 12 mm; tolerancia D4, T3 para tubo de 14 a 50 mm) a una temperatura de -28 a 37°C (-20 a 100°F) tal y como se indica en ASME B31.3, y tubo ASTM A213 a una temperatura de -28 a 37°C (-20 a 100°F) tal y como se indica en ASME B31.1 salvo excepciones.

Para tubo soldado

En el caso del tubo soldado y estirado se debe aplicar un factor de corrección para mantener la integridad de la soldadura.

- Para tubo con doble cordón de soldadura, multiplique la presión de servicio por 0,85.
- Para tubo con un cordón de soldadura, multiplique la presión de servicio por 0,80.

Ø Ext. del tubo pulg.	Espesor de pared del tubo, mm															Serie Swagelok
	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
	Presión de servicio, bar Nota: Para servicio de gases, seleccione un espesor de pared del tubo fuera de la zona sombreada. (Vea Servicio de gas, página 212.)															
3	670														3M0	
6	310	420	540	710											6M0	
8		310	390	520											8M0	
10		240	300	400	510	580									10M0	
12		200	250	330	410	470									12M0	
14		160	200	270	340	380	430								14M0	

[illegible]

① Rango basado en pruebas de presión repetitivas sobre racores Swagelok con un factor de seguridad de 4:1, basado asimismo en fugas de fluido hidráulico.

Sugerencias para pedir tubo

Tubo de acero inoxidable totalmente recocido, de alta calidad (304, 304/304L, 316, 316/316L, 317, 317/317L, 321, 347) sin soldadura o soldado y estrado EN ISO 1127 o equivalente. La dureza no debe ser superior a 200 HV o 90 HRB. El tubo no debe tener arañazos superiores a $\pm 0,076$ mm. La tolerancia del diámetro exterior del tubo de 3 mm no debe ser

Nota: Las aleaciones con doble certificado, como el 304/304L, 316/316L y el 317/317L cumplen los mínimos en cuanto a composición química y propiedades mecánicas de las dos aleaciones.

Tabla 3— Tubo de cobre fraccional

Las presiones de servicio admisibles son calculadas con un valor S de 6000 psi (41,3 MPa) para tubo ASTM B75 y ASTM B88 a una temperatura de -28 a 37°C (-20 a 100°F), tal y como se indica en ASME B 31.3 y ASME B31.1.

Ø Ext. del tubo pulg.	Espesor de pared del tubo, pulg.											Serie Swagelok
	0,028	0,030	0,035	0,049	0,065	0,083	0,095	0,109	0,120	0,134		
	Presión de servicio, psig Nota: Para servicio de gases, seleccione un espesor de pared del tubo fuera de la zona sombreada. (Vea Servicio de gas, página 212.)											
1/8	2700	3000	3600								200	
3/16	1800	1900	2300	3400							300	
1/4	1300	1400	1600	2500	3500						400	
5/16			1300	1900	2700						500	
3/8			1000	1600	2200						600	
1/2			800	1100	1600	2100					810	
5/8				900	1200	1600	1900				1010	
3/4				700	1000	1300	1500	1800			1210	
7/8				600	800	1100	1300	1500			1410	
1				500	700	900	1100	1300	1500		1610	
1 1/8					600	800	1000	1100	1300	1400	1810	

Sugerencias para pedir tubo

Tubo de cobre de alta calidad recocido blando y sin soldadura, ASTM B75 o equivalente. También, tubo de cobre para agua recocido blando (Temple O) tipo K o tipo L según ASTM B88.

Tabla 4—Tubo de cobre métrico

Las presiones de servicio admisibles son calculadas con un valor S de 6000 psi (41,3 MPa) para tubo ASTM B75, ASTM B88 y EN 1057 a una temperatura de -28 a 37°C (-20 a 100°F), tal y como se indica en ASME B 31.3 y ASME B31.1.

Ø Ext. del tubo mm	Espesor de pared del tubo, mm										Serie Swagelok
	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	
	Presión de servicio, bar Nota: Para servicio de gases, seleccione un espesor de pared del tubo fuera de la zona sombreada. (Vea Servicio de gas , página 212.)										
6	110	140	170	220							6M0
8		100	120	160							8M0
10		80	100	130							10M0
12		60	80	100	130	140					12M0
14		50	60	90	110	120					14M0
15			60	80	100	110	120				15M0
16				70	90	100	110	120			16M0
18				60	80	90	100	110			18M0
20				60	70	80	90	100	110		20M0
22				50	60	70	80	90	100		22M0
25				40	50	60	70	80	90	100	25M0
28					40	50	60	70	80	90	28M0

Sugerencias para pedir tubo

Tubo de cobre de alta calidad recocido blando y sin soldadura, ASTM B75 y EN 1057 o equivalente. También, tubo de cobre para agua recocido blando (Temple O) tipo K o tipo L según ASTM B88.

Para tubo de otros materiales y para obtener la información más actualizada consulte el catálogo Swagelok Datos de tubo ([MS-01-107ES](#)).

Factores para determinar la presión de servicio del tubo a temperaturas elevadas

Temperatura		Materiales del tubo							
°C	°F	Aluminio	Cobre	Acero al carbono ^①	304, 304/304L ^②	316, 316/316L ^②	317, 317/317L ^②	321 ^③	347 ^③
93	200	1,00	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
204	400	0,40	0,50	0,87 ^①	0,93	0,96	0,96	0,96	0,96
315	600				0,82	0,85	0,85	0,85	0,85
426	800				0,76	0,79	0,79	0,79	0,79
537	1000				0,69	0,76	0,76	0,76	0,76

① Basado en 190°C (375°F) máx.

② Las calidades de tubo con doble certificado, como el 304/304L, 316/316L y el 317/317L cumplen los requisitos mínimos en cuanto al contenido máximo de carbono de las calidades L y en cuanto a los límites elásticos mínimos y resistencia a la tracción de las calidades no L.

③ Basado en el factor de corrección menor para acero inoxidable, según ASME B31.3.



Para conocer los factores de temperatura del tubo de otros materiales, consulte el catálogo Swagelok Datos de tubo ([MS-01-107ES](#)). www.swagelok.com/TFM

Para determinar la presión de servicio admisible a temperaturas elevadas, multiplique los valores de presión por el factor correspondiente al material y al tamaño en la tabla Factores de temperatura elevada. Ambos valores se muestran en Datos de tubo.

Ejemplo:

Acero inoxidable 316, 1/2 pulg. OD $\times$ 0,049 pulg. de espesor de pared a 538°C (1000°F) $255 \text{ bar} \times 0,76 = 193 \text{ bar}$ ($3700 \text{ psig} \times 0,76 = 2812 \text{ psig}$).

La presión de servicio admisible para tubo de acero inoxidable 316 de 1/2 pulg. OD $\times$ 0,049 pulg. de espesor de pared es por tanto 193 bar (2812 psig) a 538°C (1000°F).

Presiones de servicio de las conexiones roscadas

Muchos racores Swagelok tienen conexiones finales roscadas macho o hembra. Como se describe a continuación, estas conexiones finales tienen frecuentemente una presión de servicio inferior a la máxima presión de servicio de la conexión final de racor para tubo.

Los valores de presión de servicio mostrados en el catálogo Racores para tubo galgables y Adaptadores ([MS-01-140ES](#)) están basados en ANSI B31.3. Normalmente las roscas hembra tienen rangos de presión inferiores a los de las roscas macho del mismo tamaño, debido a que los diámetros interior y exterior de los hilos de la rosca hembra son mayores que los de las roscas macho. Para que las roscas macho y hembra del mismo tamaño nominal tuviesen la misma capacidad de presión, la hembra requeriría una pared demasiado gruesa y el resultado sería un racor demasiado grande y pesado para ser práctico. Para mantener los costes de material y fabricación bajos, la mayor parte de la industria de racores ha adoptado unos espesores de pared para las roscas hembra que hacen que su presión de servicio sea inferior a la de las roscas macho.



Para las presiones de servicio, consulte el catálogo Racores para tubo galgables y Adaptadores ([MS-01-140ES](#)). www.swagelok.com/TFM

Nota: El sellado de las roscas cónicas

Para sellar las roscas cónicas NPT o ISO siempre es necesario un buen sellante. Un buen sellante también lubrica la rosca, reduciendo la tendencia al gripado de muchos materiales cuando son sometidos a la alta presión que se genera durante el ajuste por interferencia entre la rosca macho y hembra.

La cinta Swagelok de PTFE es un excelente sellante para roscas a temperaturas hasta 232°C (450°F). La pasta sellante anaeróbica para roscas SWAK también es un excelente sellante para servicio hasta 180°C (350°F).

Vea la sección de sellantes para roscas en el Capítulo 3 para ampliar la información sobre cómo utilizarlos.

Capítulo 10

El coste oculto de las fugas

Tabla de contenidos

Introducción	224
¿Qué es una fuga?	224
Causas de las fugas	224
Principios y terminología de la prueba de fugas	224
Fórmula de la fuga	228
¿Qué es la Gestión de la energía?	230

Introducción

Este capítulo trata sobre por qué las fugas son una consideración seria durante el diseño, construcción y operación de los sistemas de control de los fluidos. Los componentes deben ser estancos para asegurar un rendimiento fiable de los sistemas de fluidos.

¿Qué es una fuga?

El caudal incontrolado hacia o desde un sistema de tubo o tubería, como las fugas a la atmósfera

Causas de las fugas

- Cierres metal metal poco fiables
- Racores instalados incorrectamente
- Mala selección y preparación del tubo



Figura 10-1 Fuga.

Principios y terminología de la prueba de fugas

Caudal de fuga: Ratio del caudal de fuga del fluido por unidad de tiempo y bajo condiciones conocidas. Debidamente expresada en volumen por unidad de tiempo (L/min, std cm³/s).

Fugas: Podemos referirnos a las fugas como *reales* o *virtuales*.

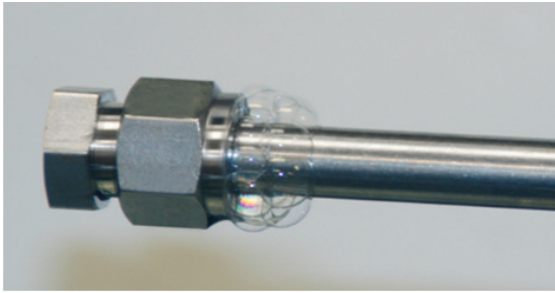


Figura 10-2 Fuga.

Fuga real (también llamada fuga **verdadera, mecánica, de orificio o capilar**): Se da cuando una barrera a presión falla al contener o aislar un sistema de fluido del entorno circundante. Las fugas reales pueden ser el resultado de grietas o huecos existentes entre las superficies selladas o de permeabilidad a través de materiales de cierre. Existen tres tipos de fugas reales:

1. **Hacia el interior:** Caudal que entra en un sistema de fluido desde la zona de contención exterior, por ejemplo suciedad que se introduce en un sistema de fluido.
2. **Hacia el exterior:** Caudal que sale de la zona de contención hacia el entorno exterior.
3. **Interna:** Caudal a través de una barrera de presión interna dentro de la zona de contención. Este tipo de fuga se asocia normalmente con los asientos de las válvulas.

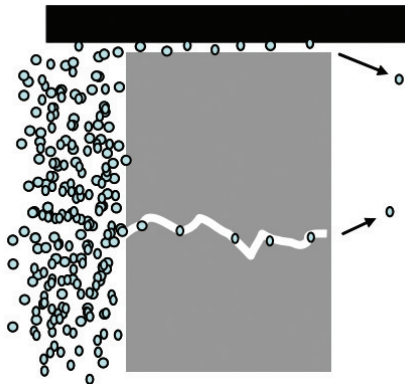


Figura 10-3 Fuga real.

Fuga virtual: Es la salida de un fluido atrapado internamente hacia un sistema de fluido debido a la **desgasificación** del material, a líquidos absorbidos y adsorbidos y atrapados en grietas o en espacios muertos.

Desgasificación: Evolución del gas desde un material en el que se está realizando la prueba en un vacío.

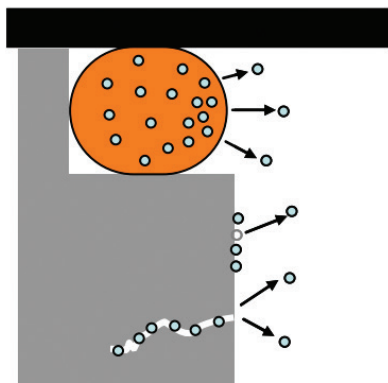


Figura 10-4 Fuga virtual.

Permeabilidad: Paso de un fluido hacia dentro, hacia fuera y a través de una barrera de presión que no tiene agujeros lo suficientemente grandes como para dejar pasar por cualquiera de ellos más de una pequeña parte de las moléculas. Esta fuga se asocia normalmente a mangueras de PTFE.

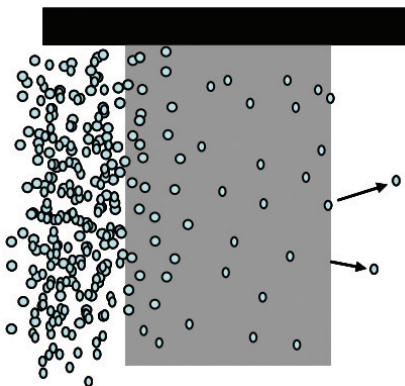


Figura 10-5 Fuga por permeabilidad.

Debe tener en cuenta que un detector de fugas que utilice un gas trazador como el helio no puede especificar la diferencia entre el helio que entra en un sistema de fluidos desde una fuga real o el de una fuga virtual o desgasificación.

Una forma de detectar fugas en los sistemas es utilizar el detector de fugas líquido SNOOP, como se muestra en las ilustraciones siguientes.

NOTA: Se puede observar una gran cantidad de pequeñas burbujas en la parte trasera de la tuerca.

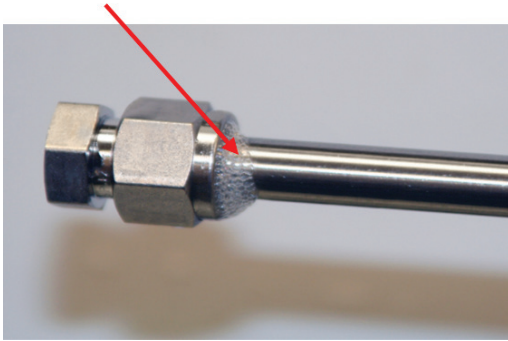


Figura 10-6 Detección de una fuga pequeña con el Detector de fugas líquido Snoop.

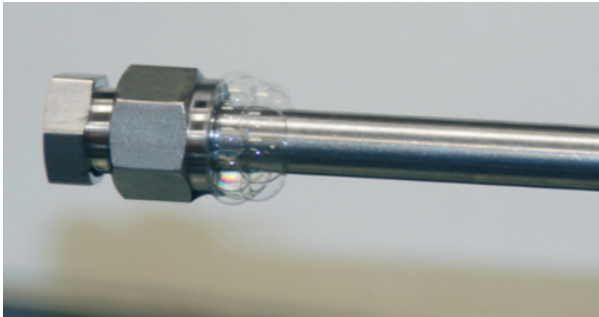


Figura 10-7 Fuga de rango medio.

El líquido detector de fugas SNOOP muestra una fuga en el rango medio; se forman burbujas más grandes y frecuentes en la parte trasera de la tuerca. Es importante recordar que la detección de fugas con Snoop frente a agua jabonosa, es que Snoop continúa produciendo burbujas por un corto período de tiempo tras la aplicación, cuando el agua con jabón solo le permitirá observar unas pocas burbujas antes de disolverse.

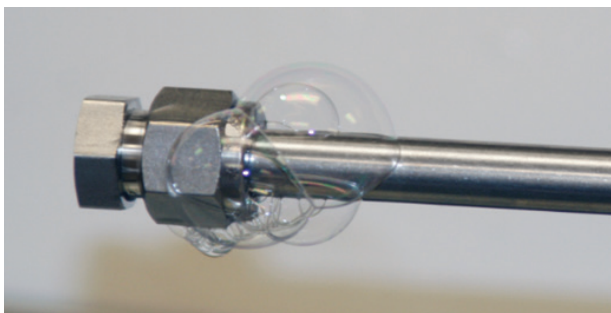


Figura 10-8 Las fugas mayores producen burbujas mayores.

Una fuga grande detectada con Snoop puede mostrar grandes burbujas similares a las de la ilustración de arriba, o desplazar el Snoop por la velocidad de escape del fluido. Si se sospecha que hay una fuga grande, tome precauciones al comprobarlo.

Fórmula de la fuga

La fórmula de la fuga se concibió para saber cuánto puede llegar a fugar un sistema.

Q = Caudal de fuga, pies³/s

ΔP = Diferencial de presión, ($P_1 - P_2$), psi

H = H 5 Distancia entre las superficies de cierre, en pulgadas

W = Longitud de la circunferencia del cierre, pulgadas

96 = Constante matemática

μ = m 5 Viscosidad absoluta, lb-s/pie²

L = Longitud del paso de fuga, pulgadas

$$Q \approx \frac{\Delta P \times H^3 \times W}{96 \times \mu \times L}$$

Figura 10-9 Fórmula de la fuga.

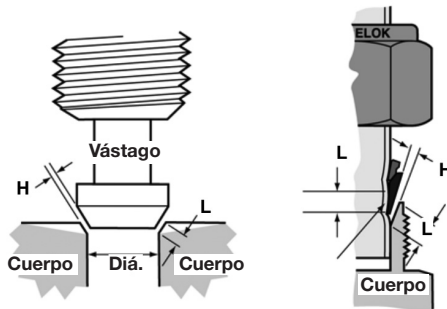


Figura 10-10 Racor Swagelok previamente instalado (se muestra desinstalado).

Los racores y válvulas Swagelok están diseñados y fabricados para crear un cierre largo y liso que trabaja eficientemente en una amplia diversidad de aplicaciones. La distancia entre las superficies (H) y la longitud (L) son los únicos factores de la fórmula que Swagelok puede controlar. La distancia entre las superficies puede ser un problema si la superficie del tubo tiene un acabado pobre. Como no podemos controlar la presión de servicio, el diámetro de cierre o la viscosidad del fluido, los parámetros que debemos manejar para conseguir buenos cierres, fiables y repetitivos son la distancia y longitud del cierre.

El material del cierre, el acabado superficial y la carga resultante de la instalación influyen en el caudal de fuga, independientemente de las condiciones del sistema con válvulas y racores instalados.

Los cierres están diseñados para evitar la aparición de fugas, y hay dos tipos básicos de cierres: estático y dinámico.

Los **cierres estáticos** no están pensados para ser accedidos o penetrados durante el servicio. Es el tipo de cierre común en los racores para tubo. Por tanto las fugas en los cierres estáticos suelen estar asociadas a vibración, excesos de presión o degradación química del material de cierre.

Los **cierres dinámicos** deben sellar eficientemente en situaciones con movimiento, más frecuentes en la operación de válvulas.

Las fugas cuestan a la industria miles de millones de dólares cada año. Esas pérdidas tienen muchas formas:

1. Pérdida de fluido: La pérdida de aceite hidráulico en sistemas hidráulicos y de circulación de aceite se estima en millones de galones cada año debido solo a las fugas.

2. Daños al equipo: La pérdida de lubricación debida a las fugas puede dañar los equipos.
3. Pérdida de producción: La pérdida de lubricación o las fugas en líneas hidráulicas puede causar mermas en la producción por paradas.
4. Ahorro de energía: Los sistemas hidráulicos y de aire comprimido se presurizan con energía.
5. Falta de seguridad en el puesto de trabajo: El aceite derramado puede provocar accidentes.
6. Degradación del medioambiente: Las emisiones incontroladas (fugas) pueden ser caras, ilegales y peligrosas y pueden favorecer la degradación de la calidad de vida de los trabajadores y de la población cercana.
7. Contaminación de producto: La industria alimentaria, de bebidas, farmacéutica u otras plantas de elaboración de productos para consumo humano no pueden tener contaminación hidráulica o de otro tipo en sus sistemas.

Cuando los procesos involucran gases, gases de analizadores, nitrógeno, helio e hidrógeno, el coste de las fugas por sí solo puede decantar el balance hacia pérdidas o ganancias. Además del peligro de incendios o explosiones y de los daños a la calidad de vida. También, la deficiente calibración u operación de los instrumentos puede resultar en producción fuera de especificación.

¿Qué es la Gestión de la energía?

Es el proceso por medio del cual se controlan las fugas y los costes energéticos.

Este proceso se puede llevar a cabo:

- Identificando y reduciendo las pérdidas energéticas provocadas por las fugas
- Reduciendo eficientemente y de la forma más económica el potencial de pérdidas energéticas
- Mejorando la eficiencia y el rendimiento de los componentes de todo el sistema de fluidos

Gestionar la energía es sinónimo de ahorrar energía.

La gestión de la energía le repercute de la siguiente forma:

- Estableciendo un programa eficiente de detección y reparación de fugas
- Documentando el ahorro energético
- Reduciendo las paradas
- Reduciendo el coste global del sistema, lo cual se traduce en un aumento de la rentabilidad
- Reduciendo los costes de mantenimiento



Figura 10-11 Detectar e identificar fugas.

La reducción de las paradas, del coste global del sistema y del coste del mantenimiento, todo ello se puede conseguir documentando eficientemente el ahorro energético. La *Auditoria de fugas Swagelok* está diseñada para identificar la presencia de fugas en los sistemas de gas de una planta. Su representante autorizado de ventas y servicio Swagelok puede asistirle en la realización de una *Auditoria de fugas Swagelok*. Antes de llevarla a cabo es necesario considerar las siguientes condiciones:

1. La preparación es esencial. Para crear un estudio eficaz, es necesario:
 - a. Planificar
 - b. Documentar
 - c. Verificar
2. La documentación es un requisito. Utilizar formularios adecuados de recopilación de datos mejorará la precisión del registro de resultados.
3. Es obligatoria la validación de los resultados de la auditoria por parte de un representante de planta.
4. Los representantes de planta serán testigos de la identificación visual de racores de otros fabricantes para verificar los resultados con mayor precisión.
5. El representante de planta seleccionará la instalación a auditar.
6. Se deben auditar todos los racores para tubo y conexiones finales y empaquetaduras de las válvulas de instrumentación o de procesos de pequeño diámetro, independientemente de la marca.
7. Los resultados de la auditoria se entregarán personalmente a los representantes de planta.

Puede solicitar conclusiones de auditorias de fugas a su Centro local autorizado de ventas y servicio Swagelok.

Apéndice A

Gráficos de caudal/presión y Conversiones

Tabla de contenidos

Determinación del diámetro interior del tubo	234
Equivalencia en pies de tubo recto	234
Cálculos de caudal de líquidos (Gráficos 1 al 10)	234
Cálculos para sistemas de gas (Gráficos 11 al 20)	235
Factores de conversión de unidades de presión	259
Conversiones de presión	260
Conversiones de caudal	261

Determinación del diámetro interior del tubo

El ID del tubo se establece por medio de los requisitos de caudal, caída de presión admisible y velocidad máxima admisible.

- En las páginas siguientes se ofrecen los gráficos 1 al 10.
- Para determinar el tamaño del tubo para servicio de gas se ofrecen los gráficos 11 al 20.

Estos gráficos dan la caída de presión por cada 100 pies de tubo, para caudales tanto de agua como de aire. Usando la fórmula proporcionada también es posible calcular la caída de presión de fluidos distintos al agua o al aire.

Para tener en cuenta las caídas de presión de curvas y racores durante los cálculos de caída de presión del tubo, se pueden utilizar las longitudes equivalentes mostradas en la Tabla A. Para obtener la longitud equivalente del tubo, sume todas las longitudes de tramos rectos y añada entonces las longitudes correspondientes a cada curva, codo o te de la Tabla A.

Equivalencia en pies de tubo recto

OD del tubo (pulg.)	Codo 90° (pies)	Curva 90° (pies)	Curva 180° (pies)	Curva 45° (pies)	Conexión en te (pies)
1/4	1	1/2	1	1/2	1
3/8	1 1/2	1/2	1	1/2	1 1/2
1/2	2	1/2	1	1/2	2
5/8	2 1/2	1	2	1/2	2 1/2
3/4	3	1	2	1/2	3
1	4 1/2	1	2	1/2	4 1/2
1 1/4	5	2	4	1	5
1 1/2	6	2	4	1	6
2	9	2	4	1	9

Tabla A

Cálculos de caudal de líquidos (Gráficos 1 al 10)

Ejemplo 1

El agua tiene que fluir por un tubo de 50 pies de longitud a razón de 4 galones por minuto (GPM). La velocidad de agua no puede superar los 5 pies por segundo. La caída de presión máxima admisible es de 5 psig. ¿Qué diámetro de tubo puede utilizarse?

- La caída de presión de 100 pies es el doble de la permitida en 50 pies, es decir, 10 psi.
- Mirando los gráficos del 1 al 9 puede determinarse que solo se puede utilizar tubo de 3/4 pulg. o 1 pulg. OD porque para un caudal de 4 GPM la

caída de presión del tubo más pequeño es superior a 10 psi. Del Gráfico 5, para un caudal de 4 GPM, la caída de presión en 100 pies de cualquiera de los tubos de 3/4 pulg. OD sería satisfactoria.

- El ID más pequeño del Gráfico 5 es 0,560 pulg. Y el ID de 0,560 en el Gráfico 10 muestra una velocidad de 5 pies por segundo para 4 GPM. Por tanto se puede utilizar cualquier tubo de 3/4 pulg., y el espesor de pared lo determinarán los requisitos de presión.

Ejemplo 2

Supongamos que la caída de presión máxima del ejemplo 1 fuese de 1 psig. Encuentre el tubo del tamaño adecuado.

- Para 100 pies, la caída de presión máxima sería de 2 psi.
- En este caso el tubo de 3/4 pulg. es demasiado pequeño según se muestra en el Gráfico 5. Mirando el Gráfico 6 puede verse que se puede utilizar tubo de 1 pulg. OD con espesor de pared inferior a 0,100 pulg., porque tiene una caída de presión inferior a 2 psi.

Para los líquidos con peso específico cercano al del agua, puede calcularse el caudal equivalente en agua y utilizarlo después para hallar la caída de presión. Se muestra en el siguiente ejemplo:

Ejemplo 3

Acetona a 1/10 GPM ha de fluir por 100 pies de tubo con una caída de presión no superior a 5 psi.

caudal equivalente en agua = caudal de otro líquido multiplicado por $\sqrt{\text{P.E. otro líquido}}$

$$\begin{aligned} \blacksquare Q_{\text{agua}} &= Q_{\text{acetona}} \sqrt{\text{peso específico de la acetona}} \\ &= (1/10 \text{ GPM}) \sqrt{0,792} \\ &= 0,089 \text{ GPM de agua} \end{aligned}$$

- El Gráfico 2 muestra que el tubo de 1/4 pulg. OD y espesor de pared de 0,049 pulg. o menor, tendría el ID suficiente para producir una caída de presión inferior a 5 psi para un caudal de agua de 0,089 GPM.

Cálculos para sistemas de gas (Gráficos 11 al 20)

La caída de presión es directamente proporcional a la longitud, inversamente proporcional a la presión absoluta y directamente proporcional a la

temperatura absoluta. Con esta información, la fórmula de la caída de presión a utilizar con los Gráficos 11 al 20 es:

$$\Delta P_L = \frac{\Delta P}{100} \frac{L}{100} \left(\frac{114,7}{14,7 + P} \right) \left(\frac{460 + t}{530} \right)$$

donde ΔP_L — se refiere a la caída de presión (en psi) de aire por L (longitud) en pies y en condiciones de presión (P en psig) y temperatura (t en °F)

$\frac{\Delta P}{100}$ — se refiere a la caída de presión en 100 psig a 70°F para 100 pies de tubo

Para poder utilizar los Gráficos 11 al 20 es necesario obtener condiciones equivalentes a 100 psig. Se explica más fácilmente con los problemas ejemplo mostrados a continuación.

Ejemplo 1

¿Cuál es la caída de presión de un tubo de 100 pies de largo, 3/4 pulg. y 0,095 pulg. de espesor de pared por el que pasan 6 pies cúbicos/min de aire a 100 psig y a 70°F?

Solución: El Gráfico 15 muestra una caída de presión de 7,5 psi

Ejemplo 2

El mismo problema que el del Ejemplo 1 pero con 200 pies de tubo

Solución: La caída de presión es directamente proporcional a la longitud. Por lo tanto si la caída de presión en 100 pies de tubo es de 7,5 psi, en un tubo de 200 pies será de $2 \times 7,5 = 15$ psi.

Ejemplo 3

El mismo problema que el del Ejemplo 1 pero con 50 pies de tubo

Solución: La caída de presión es directamente proporcional a la longitud. Por lo tanto si la caída de presión en 100 pies de tubo es de 7,5 psi, en un tubo de 50 pies será de $1/2 \times 7,5 = 3,75$ psi.

Ejemplo 4

10 pies cúbicos/min de aire libre tienen que pasar por un tubo de 75 pies de largo a una presión de entrada de 80 psig y 75°F. Sabiendo que la caída de presión máxima admisible es de 6 psi, hay que hallar el diámetro del tubo.

Solución:

1. Hallar la caída de presión para 100 pies de tubo a 70°F y 100 psig para poder utilizar los Gráficos.

$$\Delta P = 6 = \frac{\Delta P}{100} \left(\frac{75}{100} \right) \left(\frac{114,7}{14,7 + 80} \right) \left(\frac{460 + 75}{530} \right)$$

$$\frac{\Delta P_L}{100} = 6,55 \text{ psi de caída de presión en 100 pies a 100 psig y } 70^\circ\text{F}$$

2. Pasar el caudal a 80 psig y 75°F al caudal a 100 psig y 70°F.

$$Q_{\text{aire a 100 psig, 70°F}} = Q_{\text{aire a 80, 75}} \left(\frac{14,7 + 80}{114,7} \right) \left(\frac{530}{460 + 75} \right) \\ = 8,18 \text{ pies}^3/\text{min}$$

3. En el Gráfico 16 puede observarse que todos los tubos de 1 pulg. producen una caída de presión de menos de 6,55 psi a 8,18 pies³/min a 100 psig.

Ejemplo 5

Por un tubo de 100 pies tiene que pasar helio con una presión de entrada de 25 psig y a 70°F. El caudal del helio libre es de 8 pies³/min. ¿Cuál es la caída de presión en un tubo de 3/8 pulg. y 0,035 pulg. de espesor de pared?

Solución:

1. Hallar el caudal de aire equivalente para poder utilizar los gráficos.
caudal de aire = caudal de helio $\sqrt{\text{peso específico del helio}}$

$$Q_{\text{aire}} = Q_{\text{He}} \sqrt{(\text{P.E.}) \text{ He}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 8 \text{ pies}^3/\text{min} \sqrt{0,138} = 3 \text{ pies}^3/\text{min}$$

2. Convertir el caudal a 25 psig al del aire a 100 psig.

$$Q_{\text{aire a 100}} = Q_{\text{aire a 25}} \left(\frac{14,7 + 25}{114,7} \right) = 1,0 \text{ pies}^3/\text{min}$$

3. Vea el Gráfico 13 y compruebe que la caída de presión de aire a 100 psig y 1,0 pies³/min es de 6 psi para 100 pies de tubo.

4. Calcule la caída de presión del problema usando la fórmula de la caída de presión.

$$\Delta P = \frac{P}{100} \left(\frac{L}{100} \right) \left(\frac{114,7}{14,7 + P} \right) \left(\frac{460 + t}{530} \right) \\ = 6 \left(\frac{100}{100} \right) \left(\frac{114,7}{14,7 + 25} \right) \left(\frac{530}{530} \right) \\ = 6 (2,9) = 17,3 \text{ psi de caída de presión}$$

Ejemplo 6

8 pies³/min de aire a 15 psig y 70°F tienen que pasar por un tubo de 1/2 pulg. OD, 0,049 pulg. de espesor de pared y 10 pies de largo. ¿Cuál es la caída de presión?

Solución:

1. Convertir el caudal a 15 psig al caudal a 100 psig.

$$Q_{\text{aire a 100}} = Q_{\text{aire a 15}} \left(\frac{14,7 + 15}{114,7} \right) = 8 \left(\frac{29,7}{114,7} \right) = 2,07$$

2. En el Gráfico 14 observamos que la caída de presión a 100 psig es de 6 psi para 100 pies de tubo.
3. Convertir esta caída de presión a las condiciones del problema.

$$\begin{aligned}\Delta P &= \frac{\Delta P}{100} \left(\frac{L}{100} \right) \left(\frac{114,7}{14,7 + P} \right) \left(\frac{460 + t}{530} \right) \\ &= 6 \left(\frac{10}{100} \right) \left(\frac{114,7}{14,7 + 15} \right) \left(\frac{530}{530} \right) \\ &= 6 \times 1/10 \times 3,86 = 2,3 \text{ psi de caída}\end{aligned}$$

Gráfico 1: Tubo de 1/8 pulg. OD

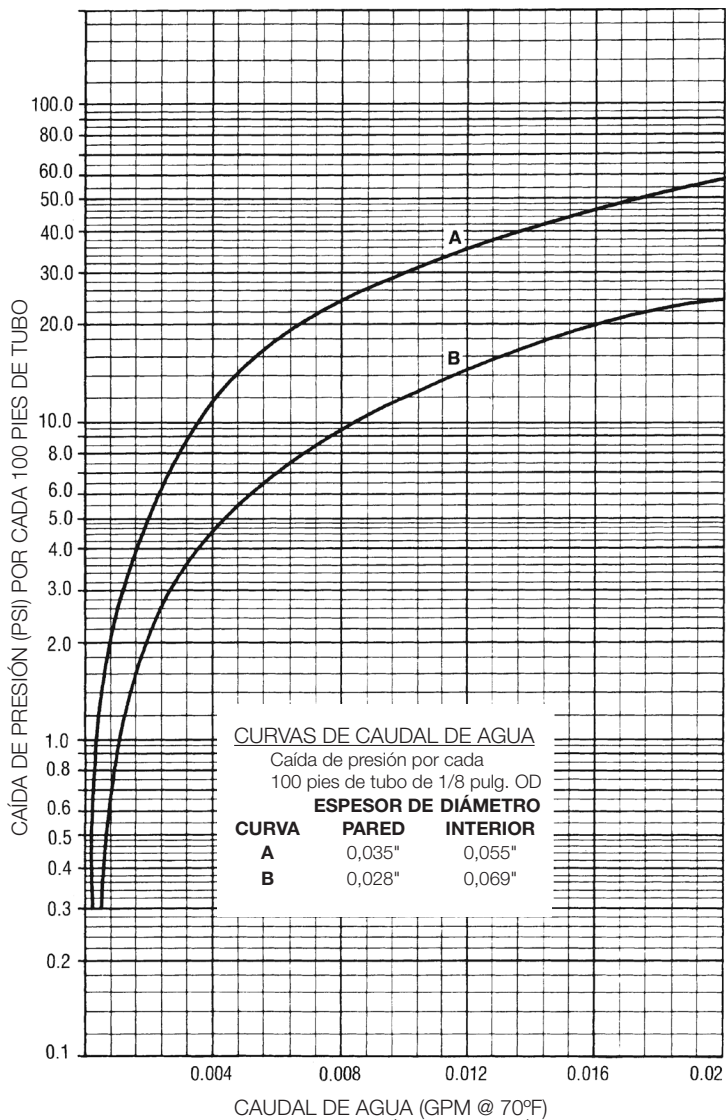


Gráfico 2: Tubo de 1/4 pulg. OD

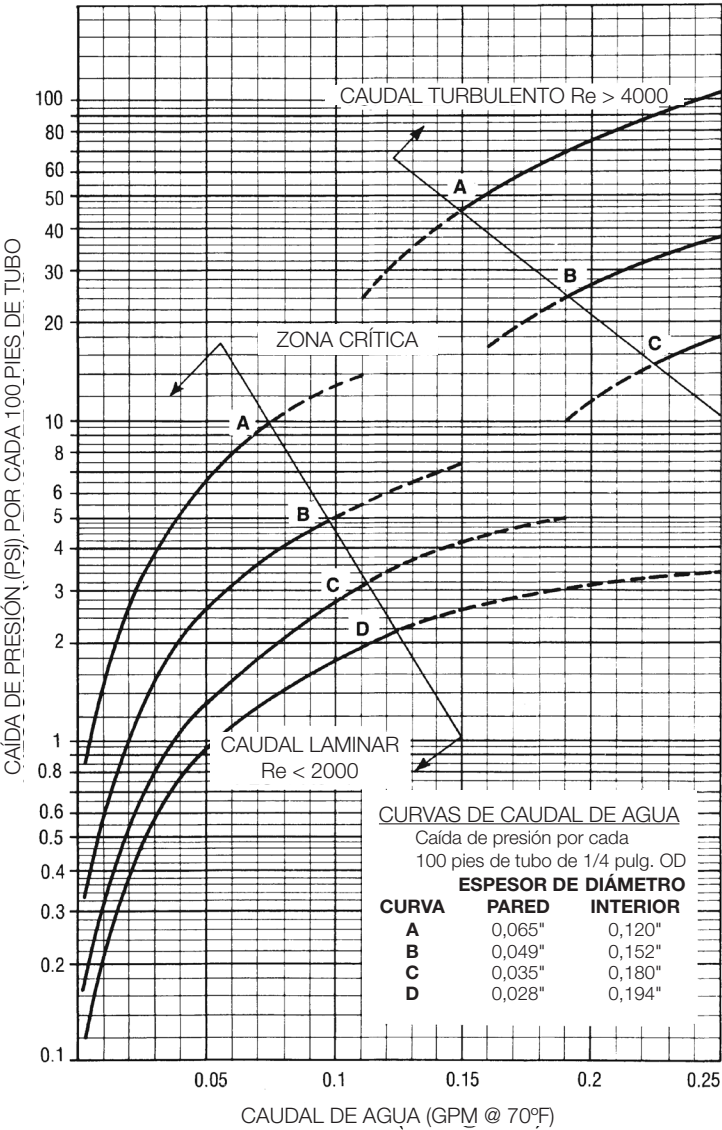


Gráfico 3: Tubo de 3/8 pulg. OD

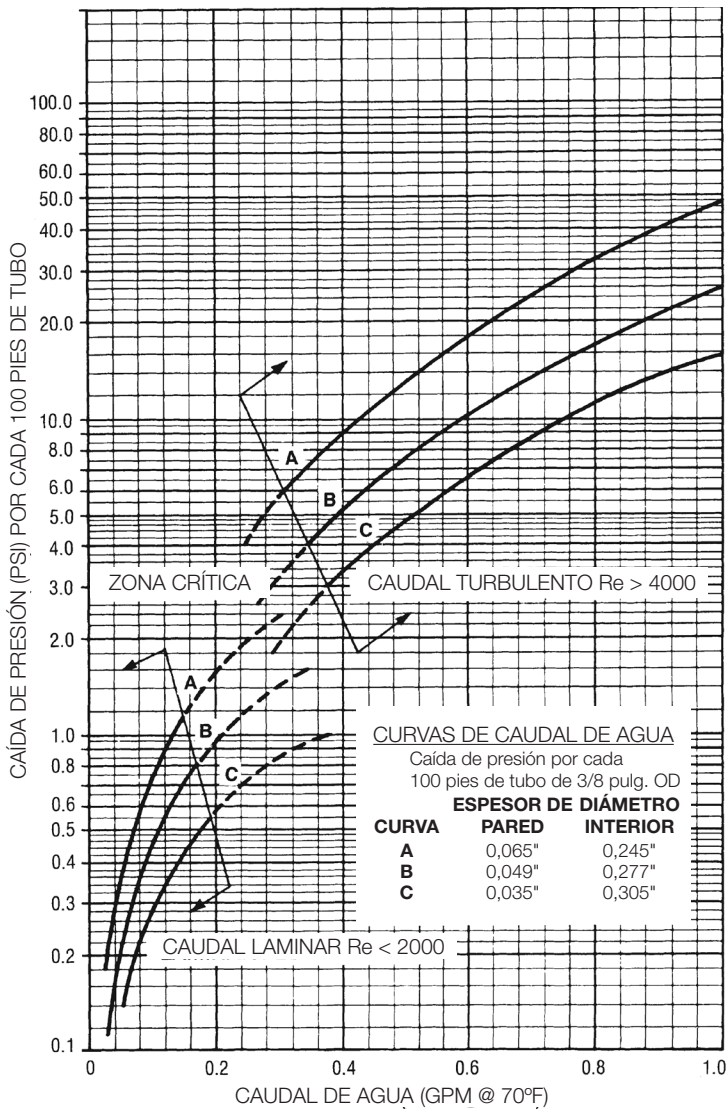


Gráfico 4: Tubo de 1/2 pulg. OD

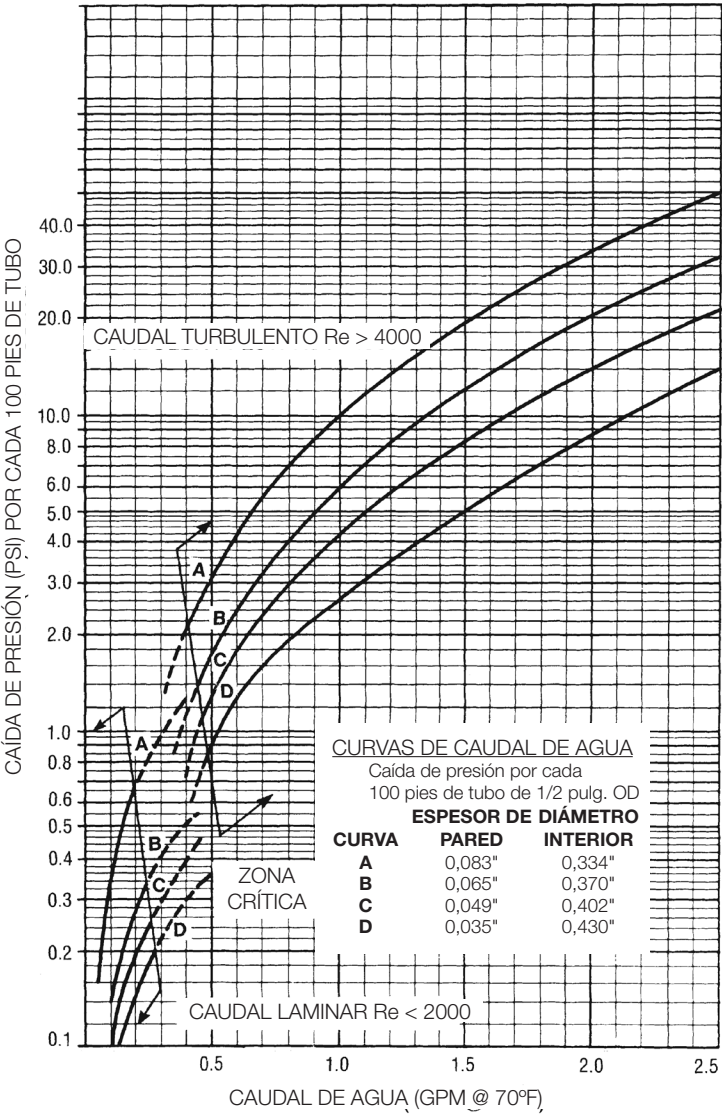


Gráfico 5: Tubo de 3/4 pulg. OD

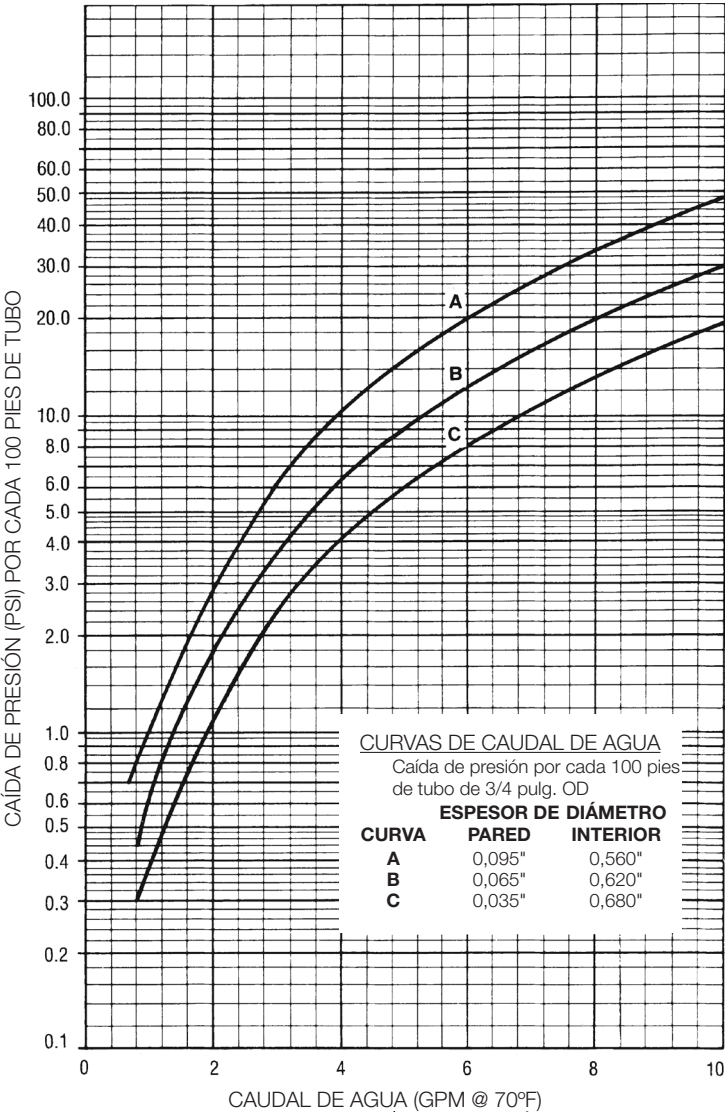


Gráfico 6: Tubo de 1 pulg. OD

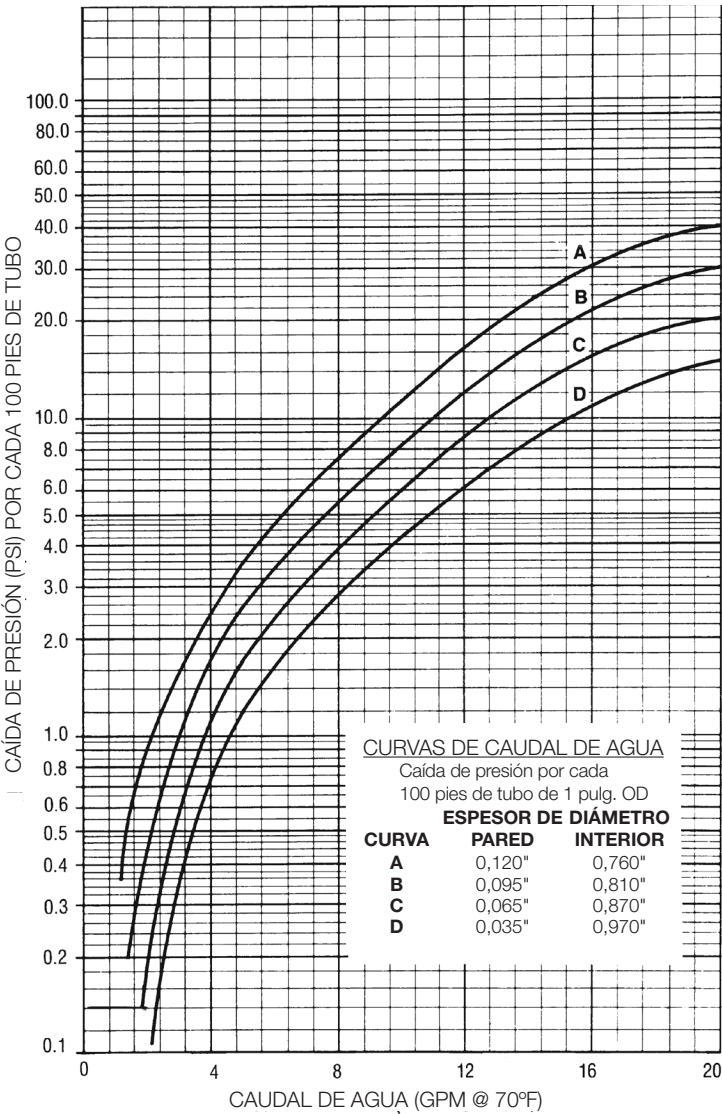


Gráfico 7: Tubo de 1 1/4 pulg. OD

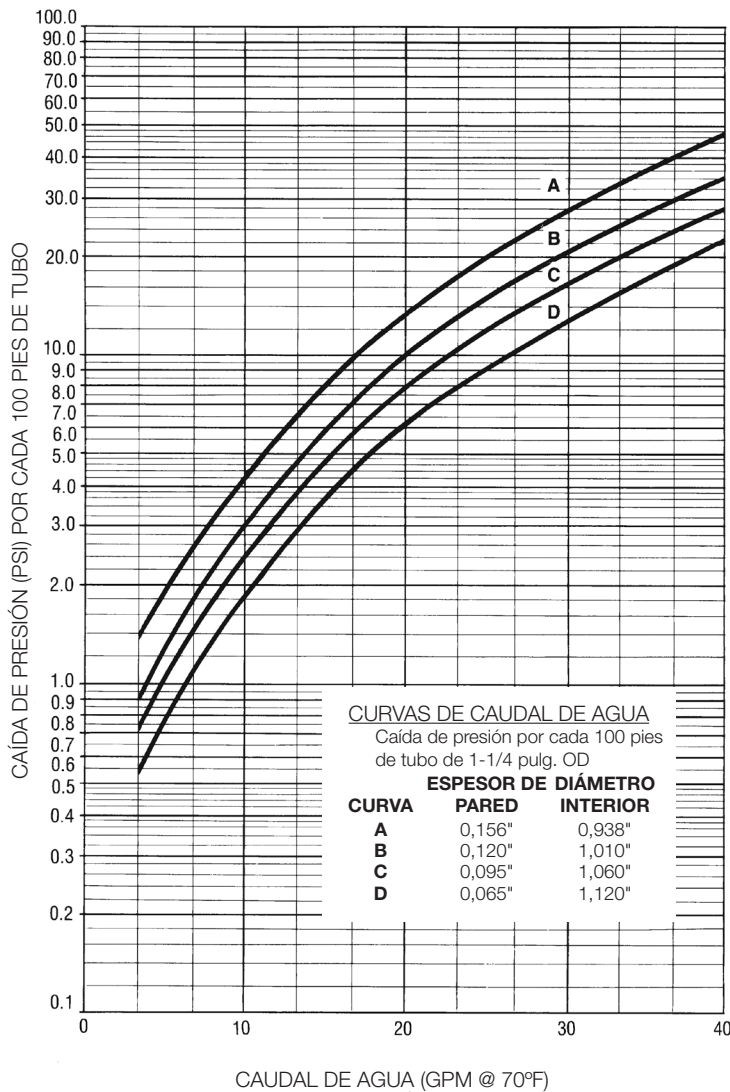


Gráfico 8: Tubo de 1 1/2 pulg. OD

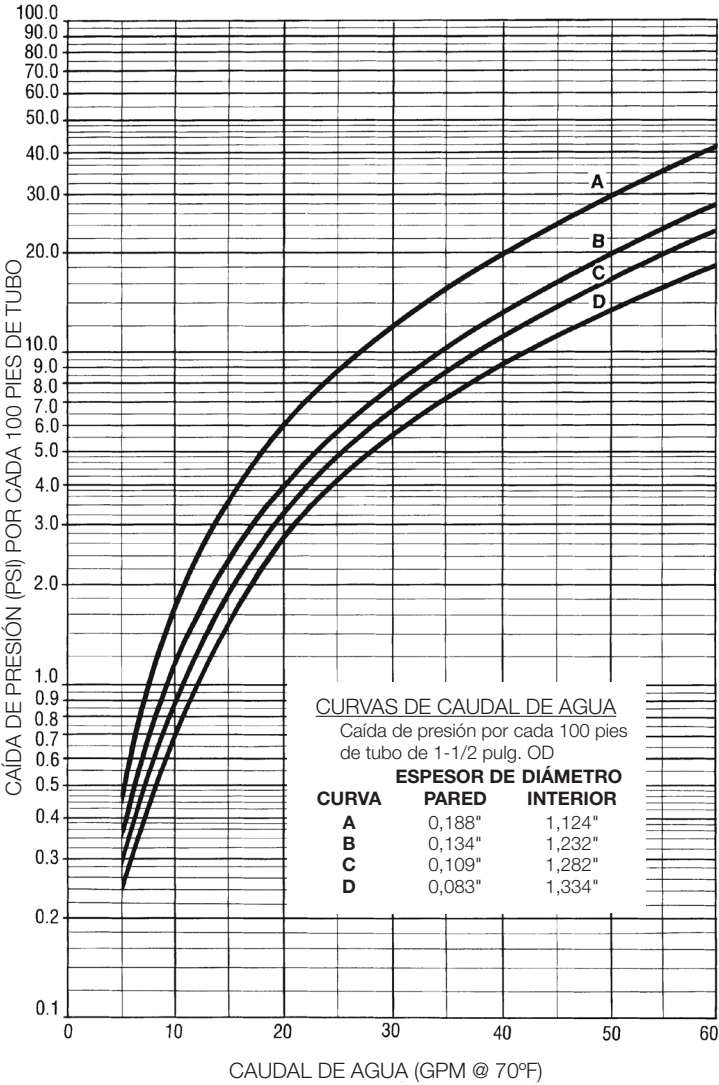


Gráfico 9: Tubo de 2 pulg. OD

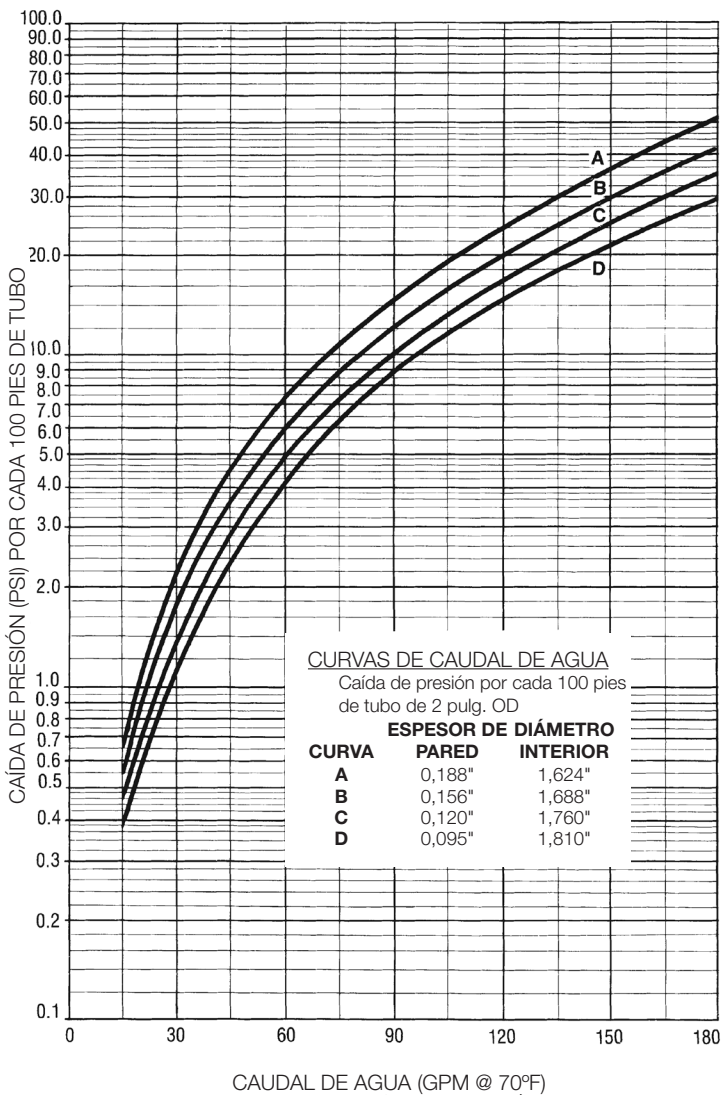


Gráfico 10:
Velocidad media en función del diámetro interior del tubo
para varios caudales de agua

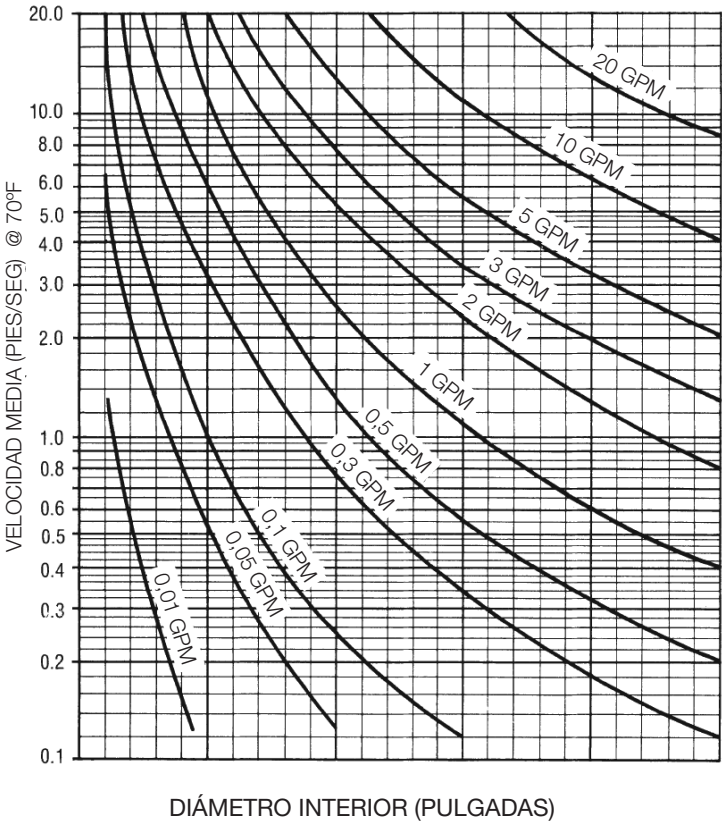


Gráfico 11: Tubo de 1/8 pulg. OD

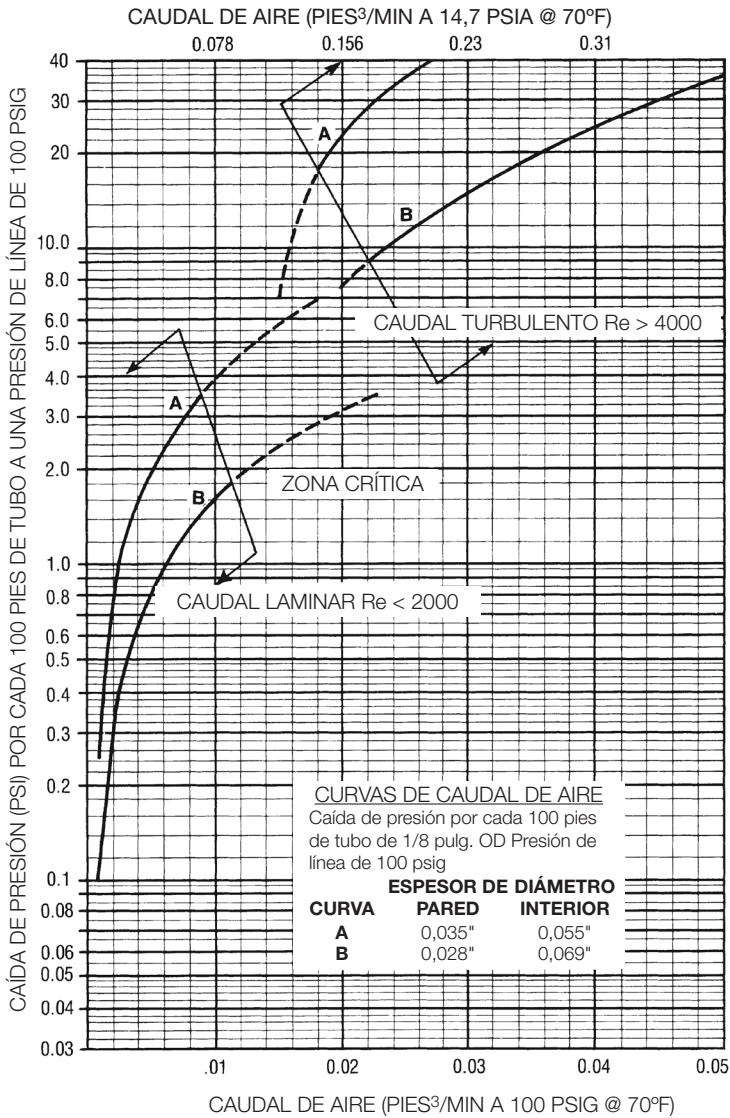


Gráfico 12: Tubo de 1/4 pulg. OD

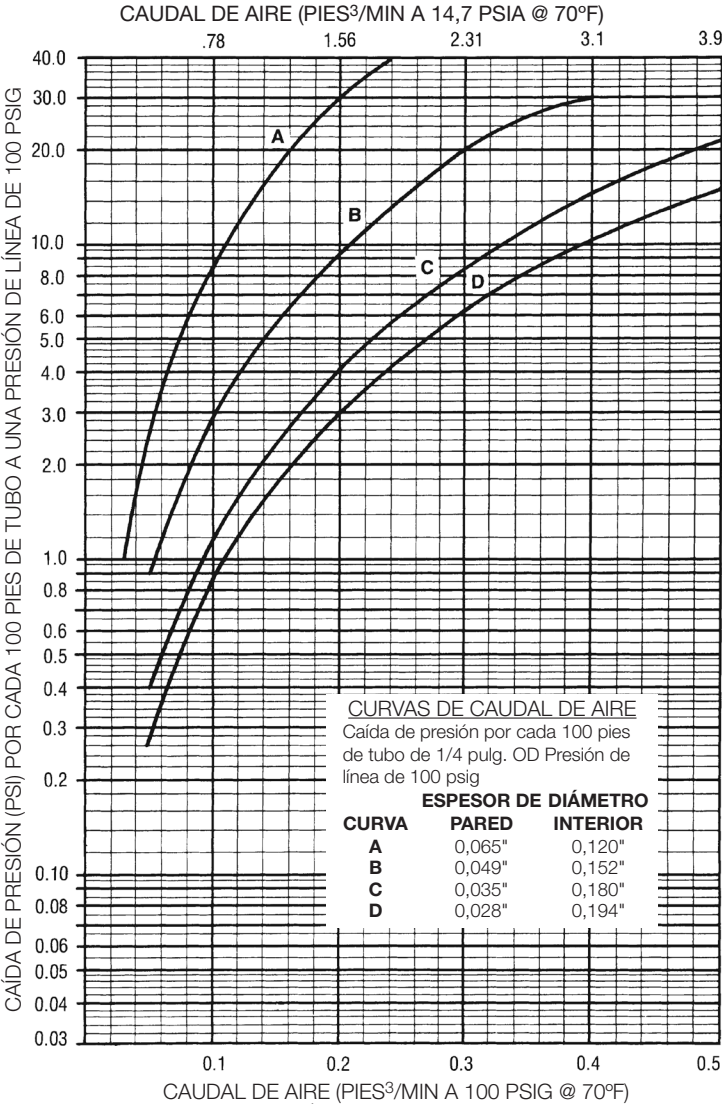


Gráfico 13: Tubo de 3/8 pulg. OD

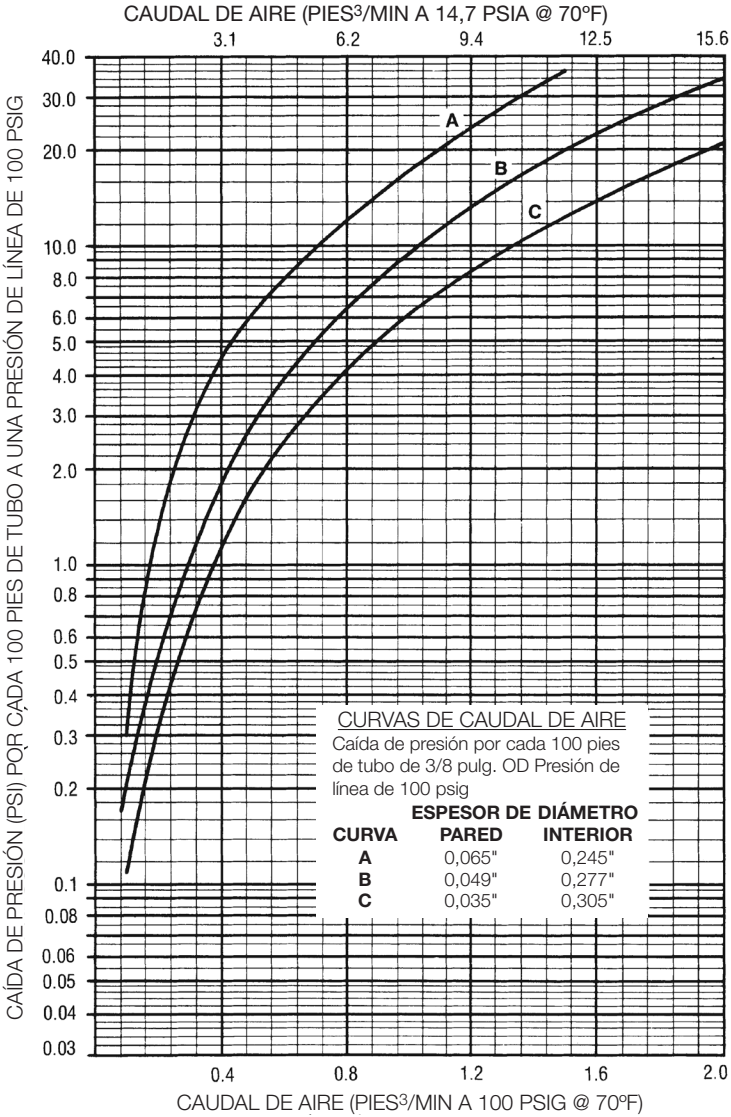


Gráfico 14: Tubo de 1/2 pulg. OD

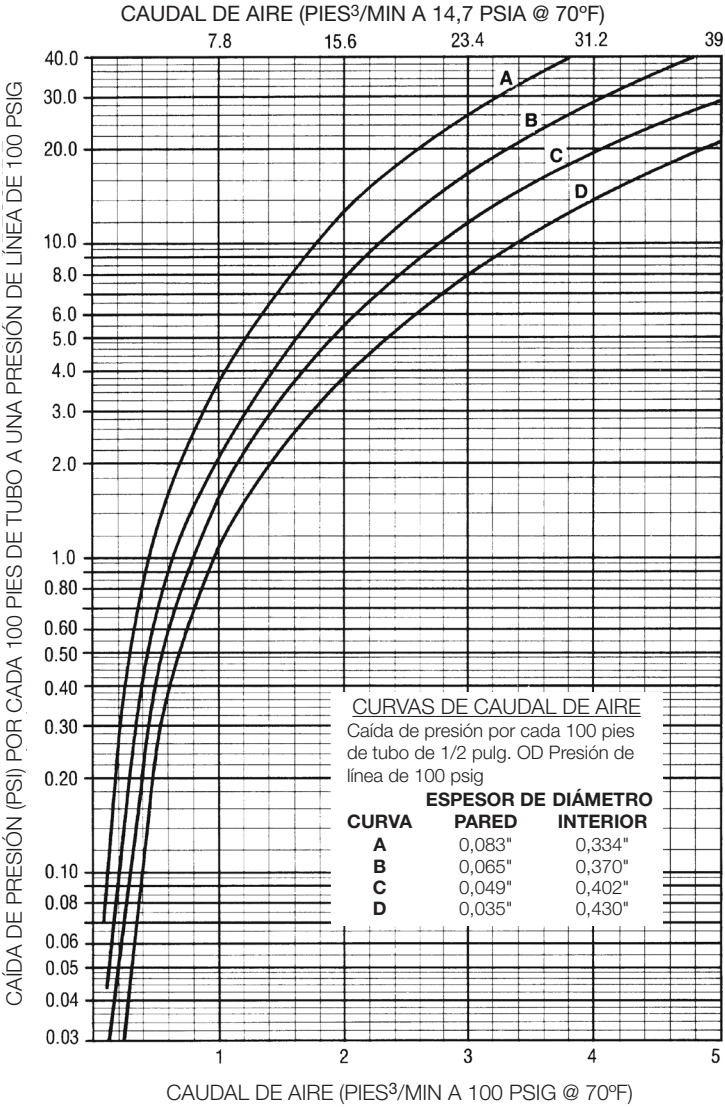


Gráfico 15: Tubo de 3/4 pulg. OD

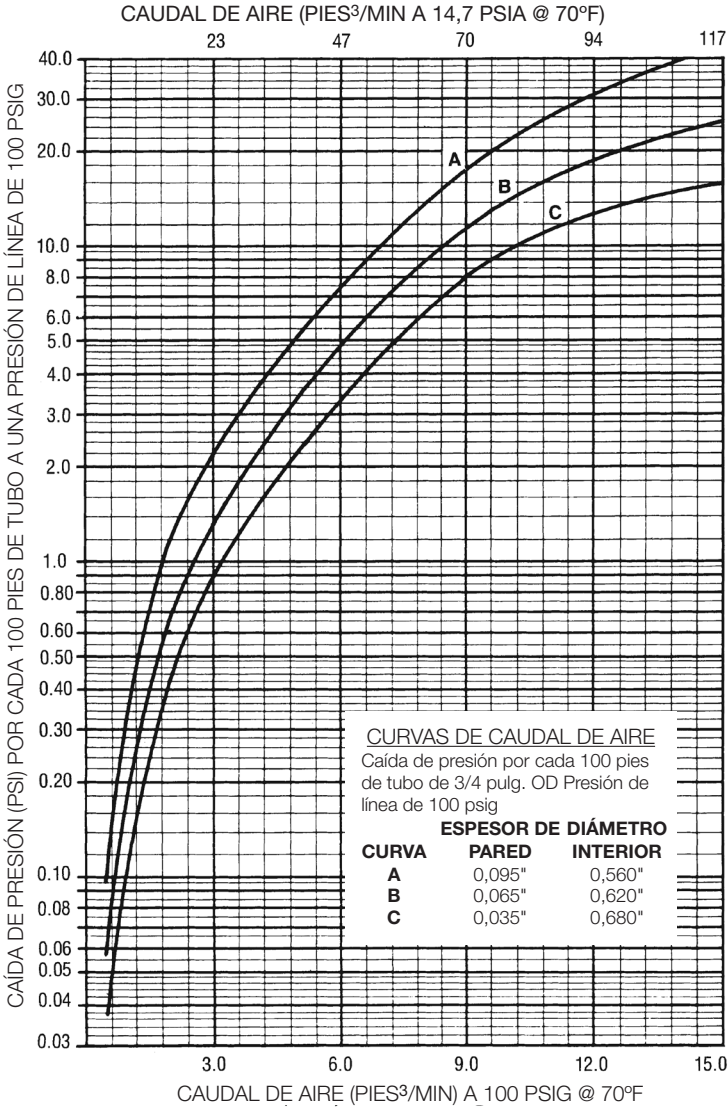


Gráfico 16: Tubo de 1 pulg. OD

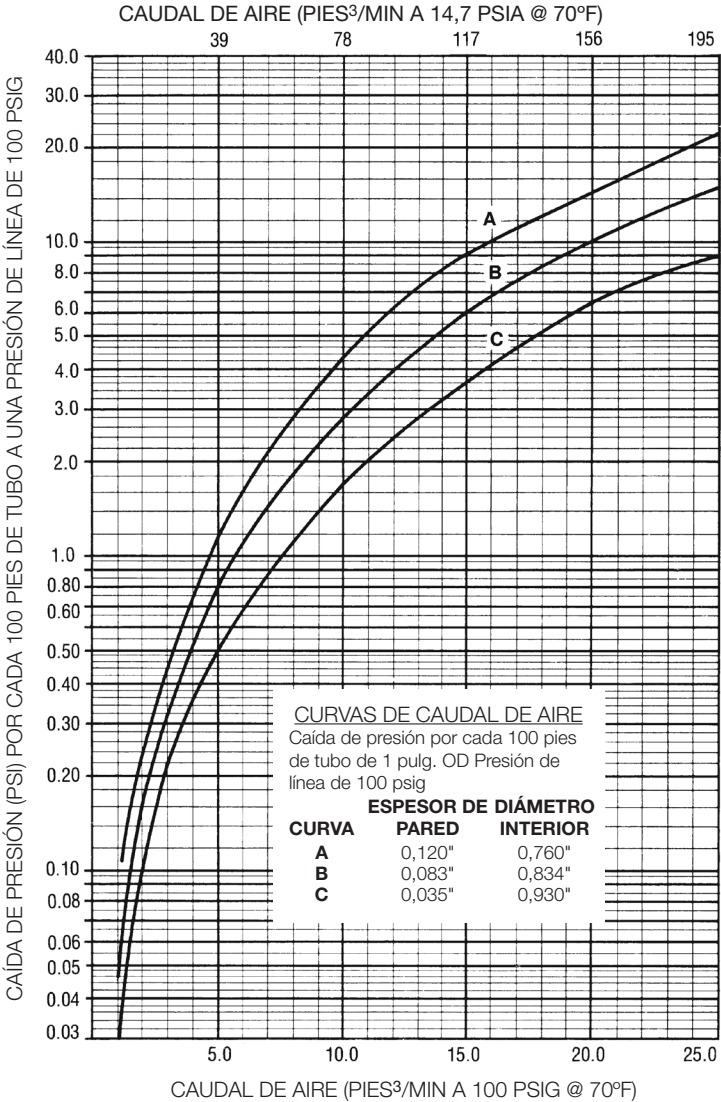


Gráfico 17: Tubo de 1 1/4 pulg. OD

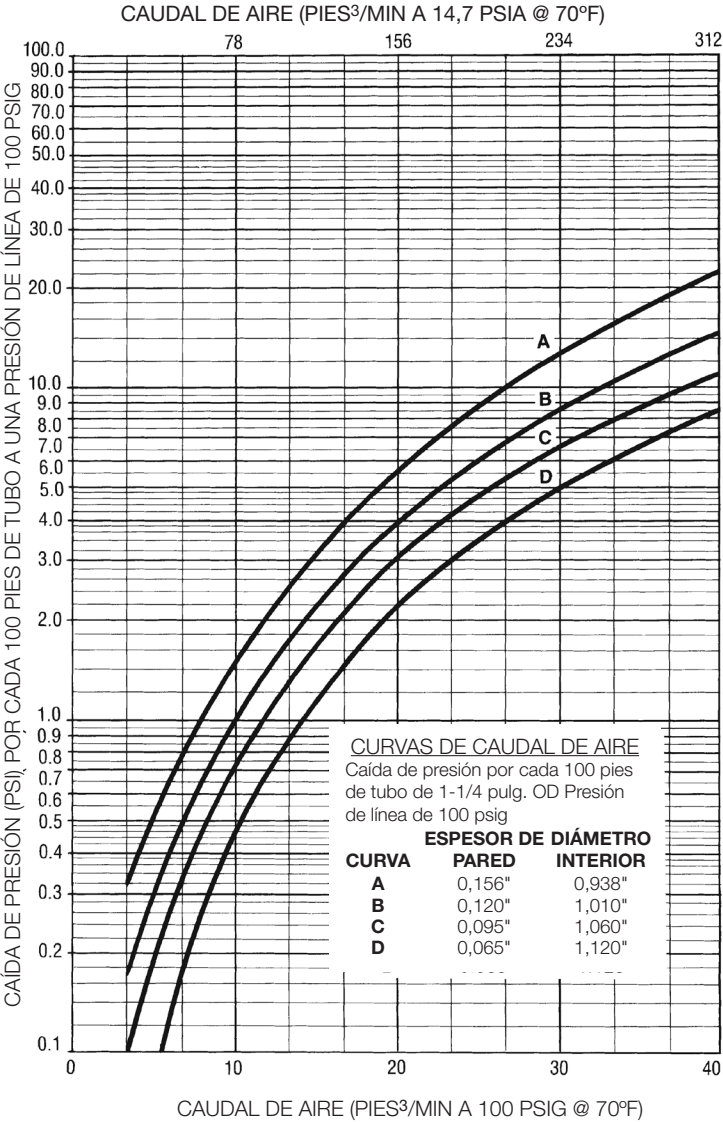


Gráfico 18: Tubo de 1 1/2 pulg. OD

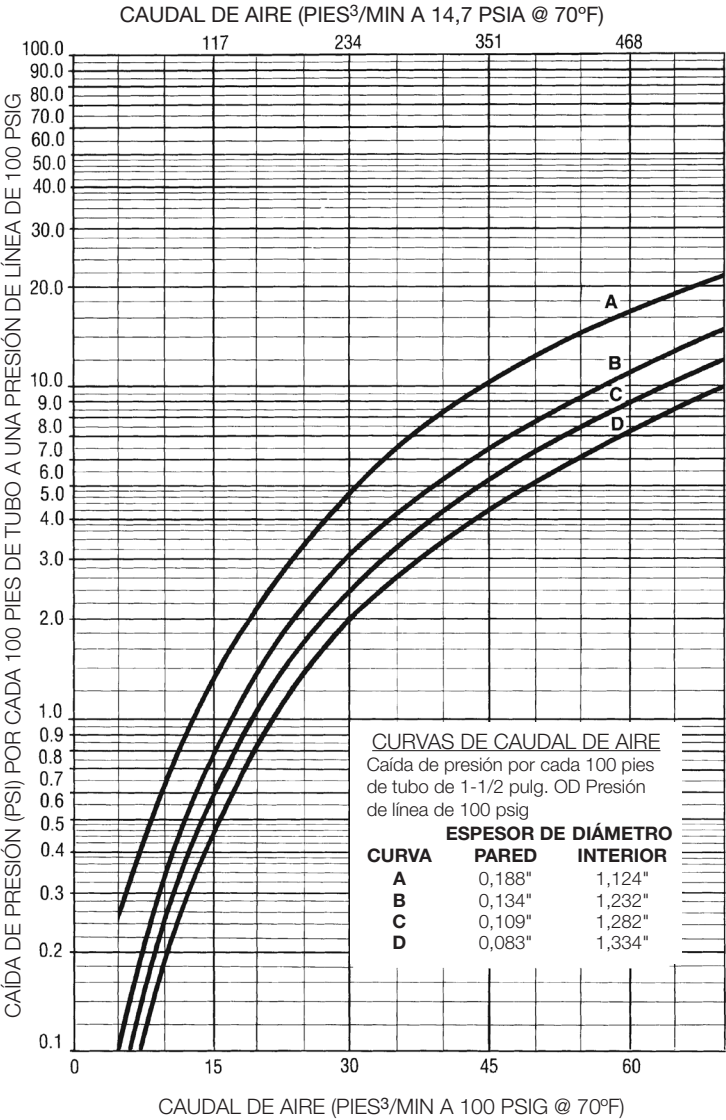


Gráfico 19: Tubo de 2 pulg. OD

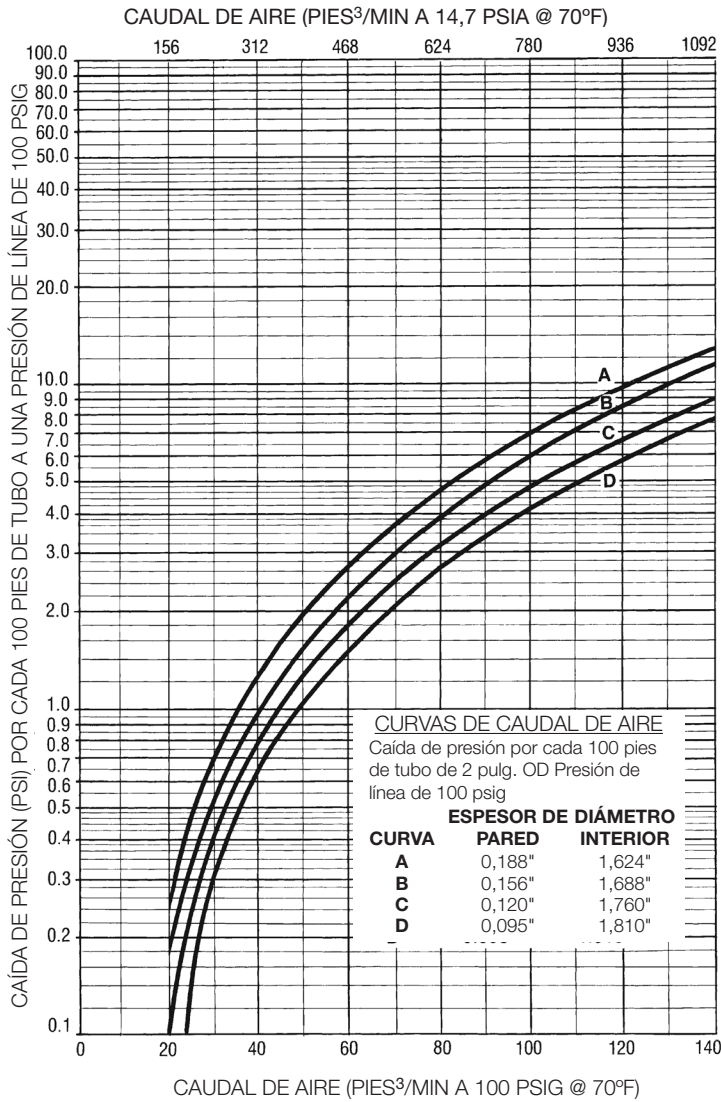
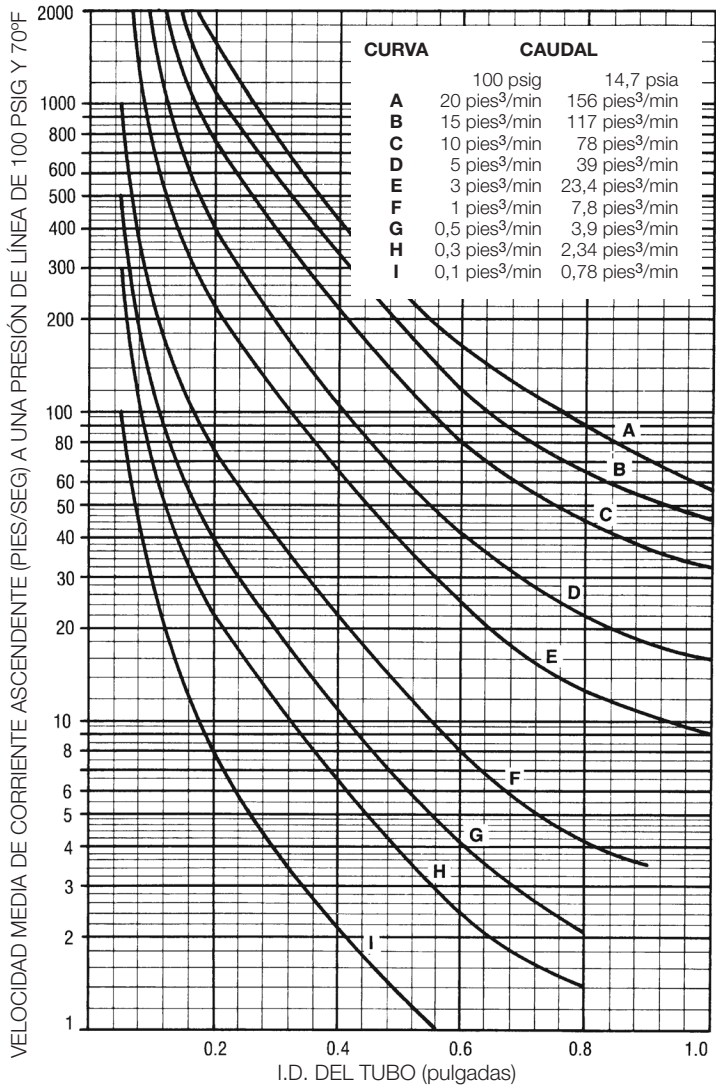


Gráfico 20:
Velocidad media del aire en función del ID del tubo a 100 PSIG de aire y 14,7 PSIA de aire



FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN

Para convertir	A	Multiplicar por
atmósferas	libras por pulg. cuadrada	14,70
atmósferas	libras por pie cuadrado	2116,22
atmósferas	pulg. de agua a 60°F	407,17
atmósferas	pies de agua a 60°F	33,931
atmósferas	pulg. de mercurio a 32°F	29,921
atmósferas	mm de mercurio a 32°F	760
libras por pie cuadrado	libras por pulg. cuadrada	$6,9445 \times 10^{-3}$
libras por pie cuadrado	pulg. de agua a 60°F	0,19224
libras por pie cuadrado	pies de agua a 60°F	0,01603
libras por pie cuadrado	pulg. de mercurio a 32°F	0,01414
libras por pie cuadrado	mm de mercurio a 32°F	0,35916
libras por pie cuadrado	atmósferas	$4,725 \times 10^{-4}$
libras por pulg. cuadrada	libras por pie cuadrado	144,0
libras por pulg. cuadrada	pulg. de agua a 60°F	27,684
libras por pulg. cuadrada	pies de agua a 60°F	2,307
libras por pulg. cuadrada	pulg. de mercurio a 32°F	2,03601
libras por pulg. cuadrada	mm de mercurio a 32°F	51,7148
libras por pulg. cuadrada	atmósferas	0,06804
mm de mercurio a 32°F	libras por pulg. cuadrada	0,019337
mm de mercurio a 32°F	libras por pie cuadrado	2,78450
mm de mercurio a 32°F	pulg. de agua a 60°F	0,53576
mm de mercurio a 32°F	pies de agua a 60°F	0,04461
mm de mercurio a 32°F	pulg. de mercurio a 32°F	0,03937
mm de mercurio a 32°F	atmósferas	$1,3158 \times 10^{-3}$
pies de agua a 60°F	libras por pulg. cuadrada	0,4335
pies de agua a 60°F	libras por pie cuadrado	62,43
pies de agua a 60°F	pulg. de agua a 60°F	12
pies de agua a 60°F	pulg. de mercurio a 32°F	0,8826
pies de agua a 60°F	mm de mercurio a 32°F	22,418
pies de agua a 60°F	atmósferas	0,029481
pulg. de agua a 60°F	libras por pulg. cuadrada	0,03613
pulg. de agua a 60°F	libras por pie cuadrado	5,204
pulg. de agua a 60°F	pies de agua a 60°F	0,08333
pulg. de agua a 60°F	pulg. de mercurio a 32°F	0,073483
pulg. de agua a 60°F	mm de mercurio a 32°F	1,8665
pulg. de agua a 60°F	atmósferas	$2,458 \times 10^{-3}$
pulg. de mercurio a 32°F	libras por pulg. cuadrada	0,49116
pulg. de mercurio a 32°F	libras por pie cuadrado	70,7266
pulg. de mercurio a 32°F	pulg. de agua a 60°F	13,608
pulg. de mercurio a 32°F	pies de agua a 60°F	1,1340
pulg. de mercurio a 32°F	mm de mercurio a 32°F	25,40005
pulg. de mercurio a 32°F	atmósferas	0,033421

CONVERSIONES DE PRESIÓN

A De									
	mmHg	pulg.Hg	pulg.H ₂ O	pies H ₂ O	atm	lb/pulg. ²	kg/cm ²	kPa	bar
mmHg	1	0,03937	0,5353	0,04461	0,00132	0,01934	0,00136	0,1333	0,0013
pulg.Hg	25,40	1	13,60	1,133	0,03342	0,4912	0,03453	30,387	0,0339
pulg.H ₂ O	1,868	0,07355	1	0,08333	0,00246	0,03612	0,00254	0,2490	0,0025
pies H ₂ O	22,42	0,8826	12	1	0,02950	0,4334	0,03048	2,988	0,0299
atm	760	29,92	406,8	33,90	1	14,70	1,033	101,3	1,013
lb/pulg. ²	51,71	2,036	27,69	2,307	0,06805	1	0,07031	6,894	0,0689
kg/cm ²	735,6	28,96	393,7	32,81	0,9678	14,22	1	98,05	0,981
kPa	7,500	0,2953	4,016	0,3347	0,00987	0,1451	0,0102	1	0,01
bar	750	29,53	401,6	33,47	0,987	14,51	1,02	100	1

CONVERSIONES DE MEDIDAS DE CAUDAL

A							
De		l/seg	gal/min	pies ³ /seg	pies ³ /min	bbl/hr	bbl/día
l/seg		1	15,85	0,03532	2,119	22,66	543,8
gal/min		0,06309	1	0,00223	0,1337	1,429	34,30
pies ³ /seg		28,32	448,8	1	60	641,1	1,54 × 10 ⁴
pies ³ /min		0,4719	7,481	0,01667	1	10,69	256,5
bbl/hr		0,04415	0,6997	0,00156	0,09359	1	24
bbl/día		0,00184	0,02917	6,50 × 10 ⁵	0,00390	0,04167	1

Apéndice B

Tabla de contenidos

Tabla de calibres de alambre Birmingham	264
Tabla de dimensiones de juntas tóricas	265
Propiedades del vapor saturado	266
Peso específico del agua	268
Peso específico de líquidos	269
Peso específico de gases	270
Tabla de los elementos	271
Conversión de volúmenes	274
Conversión de superficies	275
Equivalencias decimales	276
Fórmulas de conversión de temperaturas	277
Tabla de conversión de temperaturas	277
Espesor de pared de tubería	278
OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Fraccional	278
OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Métrico	280

Tabla de calibres de alambre Birmingham

BWG	Equivalencia decimal espesor de pared (pulg.)	Equivalencia decimal espesor de pared (mm)
30	0,012	0,30
29	0,013	0,33
28	0,014	0,36
27	0,016	0,41
26	0,018	0,46
25	0,020	0,51
24	0,022	0,56
23	0,025	0,64
22	0,028	0,71
21	0,032	0,81
20	0,035	0,89
19	0,042	1,07
18	0,049	1,24
17	0,058	1,47
16	0,065	1,65
15	0,072	1,83
14	0,083	2,11
13	0,095	2,41
12	0,109	2,77
11	0,120	3,05
10	0,134	3,40
9	0,148	3,76
8	0,165	4,19
7	0,180	4,57
6	0,203	5,16
5	0,220	5,59
4	0,238	6,05
3	0,259	6,58
2	0,284	7,21
1	0,300	7,62

Tabla de dimensiones de juntas tóricas

Tamaño normalizado	Medidas reales		
	ID (pulg.)	Sección transversal (pulg.)	OD (pulg.)
006	0,114	0,070	0,254
007	0,145	0,070	0,285
008	0,176	0,070	0,316
009	0,208	0,070	0,348
010	0,239	0,070	0,379
011	0,301	0,070	0,441
012	0,364	0,070	0,504
013	0,426	0,070	0,566
014	0,489	0,070	0,629
111	0,424	0,103	0,630
112	0,487	0,103	0,693
113	0,549	0,103	0,755
114	0,612	0,103	0,818
115	0,674	0,103	0,880
116	0,737	0,103	0,943
117	0,799	0,103	1,005
118	0,862	0,103	1,068
119	0,924	0,103	1,130
120	0,987	0,103	1,193
121	1,049	0,103	1,255
122	1,112	0,103	1,318
123	1,174	0,103	1,380
125	1,299	0,103	1,505
126	1,362	0,103	1,568
128	1,487	0,103	1,693
130	1,612	0,103	1,818
132	1,737	0,103	1,943
133	1,799	0,103	2,005
134	1,862	0,103	2,068
136	1,987	0,103	2,193
212	0,859	0,139	1,137
215	1,046	0,139	1,324
219	1,296	0,139	1,574
223	1,609	0,139	1,887
902	0,239	0,064	0,367
903	0,301	0,064	0,429
904	0,351	0,072	0,495
905	0,414	0,072	0,558
906	0,468	0,078	0,624
908	0,644	0,087	0,818
910	0,755	0,097	0,949
912	0,924	0,116	1,156
916	1,171	0,116	1,403
920	1,475	0,118	1,711
924	1,720	0,118	1,956
932	2,337	0,118	2,573

Propiedades del vapor saturado

Pres. abs. (psia)	Temp. (°F)	Pres. abs. (psia)	Temp. (°F)	Pres. abs. (psia)	Temp. (°F)	Pres. abs. (psia)	Temp. (°F)
1,0	101,74	38	264,16	84	315,42	160	363,53
1,2	107,92	39	265,72	85	316,25	162	364,53
1,4	113,26	40	267,25	86	317,07	164	365,51
1,6	117,99	41	268,74	87	317,88	166	366,48
1,8	122,23	42	270,21	88	318,68	168	367,45
2,0	126,08	43	271,64	89	319,48	170	368,41
2,2	129,62	44	273,05	90	320,27	172	369,35
2,4	132,89	45	274,44	91	321,06	174	370,29
2,6	135,94	46	275,80	92	321,83	176	371,22
2,8	138,79	47	277,13	93	322,60	178	372,14
3,0	141,48	48	278,45	94	323,36	180	373,06
4,0	152,97	49	279,74	95	324,12	182	373,96
5,0	162,24	50	281,01	96	324,87	184	374,86
6,0	170,06	51	282,26	97	325,61	186	375,75
7,0	176,85	52	283,49	98	326,25	188	376,64
8,0	182,86	53	284,70	99	327,08	190	377,51
9,0	188,28	54	285,90	100	327,81	192	378,38
10	193,21	55	287,07	102	329,25	194	379,24
11	197,75	56	288,23	104	330,66	196	380,10
12	201,96	57	289,37	106	332,05	198	380,95
13	205,88	58	290,50	108	333,42	200	381,79

14	209,56	59	291,61	110	334,77	205	383,86	940	537,16
14,70	212,00	60	292,71	112	336,11	210	385,90	960	539,68
15	213,03	61	293,79	114	337,42	215	387,89	980	542,17
16	216,32	62	294,85	116	338,72	220	389,86	1.000	544,61
17	219,44	63	295,90	118	339,99	225	391,79	1.050	550,57
18	222,41	64	296,94	120	341,25	230	393,68	1.100	556,31
19	225,24	65	297,97	122	342,50	235	395,54	1.150	561,86
20	227,96	66	298,99	124	343,72	240	397,37	1.200	567,22
21	230,57	67	299,99	126	344,94	245	399,18	1.250	572,42
22	233,07	68	300,98	128	346,13	250	400,95	1.300	577,46
23	235,49	69	301,96	130	347,32	260	404,42	1.350	582,35
24	237,82	70	302,92	132	348,48	270	407,78	1.400	587,10
25	240,07	71	303,88	134	349,64	280	411,05	1.450	591,71
26	242,25	72	304,83	136	350,78	290	414,23	1.500	596,23
27	244,36	73	305,76	138	351,91	300	417,33	1.600	604,90
28	246,41	74	306,68	140	353,02	320	423,29	1.700	613,15
29	248,40	75	307,60	142	354,12	340	428,97	1.800	621,03
30	250,33	76	308,50	144	355,21	360	434,40	1.900	628,58
31	252,22	77	309,40	146	356,29	380	439,60	2.000	635,82
32	254,05	78	310,29	148	357,36	400	444,59	2.200	649,46
33	255,84	79	311,16	150	358,42	420	449,39	2.400	662,12
34	257,08	80	312,03	152	359,46	440	454,02	2.600	673,94
35	259,29	81	312,89	154	360,49	460	458,50	2.800	684,99
36	260,95	82	313,74	156	361,52	480	462,82	3.000	695,36
37	262,57	83	314,59	158	362,03	500	467,01	3.200	705,11

Nota: Para convertir psia (absolutos) a psig (manométricos), reste 14,7 (aprox.)

Peso específico del agua en función de la temperatura

Temperatura del agua (°F)	Peso específico
32	1,0013
40	1,0013
50	1,0006
60	1,0000
70	0,9989
80	0,9976
90	0,9963
100	0,9945
110	0,9920
120	0,9902
130	0,9872
140	0,9848
150	0,9817
160	0,9787
170	0,9751
180	0,9716
190	0,9681
200	0,9645
210	0,9605
212	0,9594
220	0,9565
240	0,9480
260	0,9386
280	0,9294
300	0,9193
350	0,8917
400	0,8606
450	0,8269
500	0,7863
550	0,7358
600	0,6797

Peso específico de líquidos

Líquido	Peso específico relativo al agua a 60°F
Aceite de oliva	0,919
Aceite lubricante SAE 10*	0,876
Aceite lubricante SAE 30*	0,898
Aceite lubricante SAE 70*	0,916
Acetona	0,792
Ácido hidroclicóric	1,256
Ácido muriático (40%)	1,20
Ácido nítrico (91%)	1,50
Ácido sulfúrico (87%)	1,80
Agua	1,000
Agua de mar	1,025
Alcohol etílico (100%)	0,789
Alcohol metílico (100%)	0,796
Combustible 3 máx.	0,898
Combustible 5 máx.	0,993
Combustible 5 mín.	0,966
Combustible 6 mín.	0,993
Combustible para calderas C máx.	1,014
Crudo 32,6° API	0,862
Crudo 35,6° API	0,847
Crudo 40° API	0,825
Crudo 48° API	0,788
Crudo de Salt Creek	0,843
Destilados	0,850
Gasolina	0,751
Gasolina natural	0,680
Mercurio	13,570
Pentano	0,624
Queroseno	0,815
Residuos M. C.	0,935

*Índice de viscosidad 100

Peso específico de gases relativo al aire @ 20°C (68°F) a 1 atm

Nombre del gas	Fórmula química	Densidad relativa al aire
Acetileno	C_2H_2	0,90
Aire	—	1,000
Amoniaco	NH_3	0,59
Argón	Ar	1,377
Benceno	C_6H_6	2,696
Butano	C_4H_{10}	2,0061
Butileno	C_4H_8	1,94
Cloro	Cl_2	2,486
Cloruro de etilo	C_2H_5Cl	2,23
Cloruro de hidrógeno	HCl	1,261
Cloruro de metilo	CH_3Cl	1,738
Dióxido de azufre	SO_2	2,264
Dióxido de carbono	CO_2	1,5189
Etano	C_2H_6	1,0378
Etileno	C_2H_4	968
Freón (F-12)	$CCl_{22}F_2$	4,520
Gas de agua azul	—	0,53
Gas de agua carburada	—	0,63
Gas de alto horno	—	1,000
Gas de horno de coque	—	0,44
Gas natural*	—	667
Gas producto de antracita	—	0,85
Gas producto de bituminoso	—	0,86
Helio	He	138
Hidrógeno	H_2	0,06959
Metano	CH_4	0,5537
Monóxido de carbono	CO	0,9672
Neón	Ne	696
Nitrógeno	N_2	0,9718
Óxido nítrico	NO	1,037
Óxido nitroso	N_2O	1,530
Oxígeno	O_2	1,1044
Pentano	C_5H_{12}	2,4872
Propano	C_3H_8	1,5219
Propileno	C_3H_6	1,4504
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	1,176
Tolueno	C_7H_8	3,1082
Xileno	C_8H_{10}	3,6618

*Valor representativo.

Tabla de los elementos

Nombre	Símbolo	Número atómico	Peso atómico	Nombre	Símbolo	Número atómico	Peso atómico
Actinio	Ac	89	227	Cobalto	Co	27	58,933
Aluminio	Al	13	26,982	Cobre	Cu	29	63,54
Americio	Am	95	243	Copernicio	Cn	112	285
Antimonio	Sb	51	121,76	Criptón	Kr	36	83,798
Argón	Ar	18	39,948	Cromo	Cr	24	51,996
Arsénico	As	33	74,922	Curio	Cm	96	247
Astato	At	85	210	Darmstadtio	Ds	110	281
Azufre	S	16	32,064	Disprosio	Dy	66	162,50
Bario	Ba	56	137,33	Dubnio	Db	105	262
Berilio	Be	4	90,122	Einsteinio	Es	99	254
Berkelio	Bk	97	247	Erbio	Er	68	167,26
Bismuto	Bi	83	208,98	Escandio	Sc	21	44,956
Boro	B	5	10,811	Estaño	Sn	50	118,71
Bromo	Br	35	79,907	Estroncio	Sr	38	87,62
Cadmio	Cd	48	112,41	Europio	Eu	63	151,96
Calcio	Ca	20	40,078	Fermio	Fm	100	253
Californio	Cf	98	249	Flerovio	Fl	114	289
Carbono	C	6	12,012	Flúor	F	9	189,984
Cerio	Ce	58	140,12	Fósforo	P	15	30,974
Cesio	Cs	55	132,91	Francio	Fr	87	223
Circonio	Zr	40	91,224	Gadolinio	Gd	64	157,25
Cloro	Cl	17	35,453	Galio	Ga	31	69,723
Germanio	Ge	32	72,630	Molibdeno	Mo	42	95,95

continuación

Tabla de los elementos (Continuación)

Nombre	Símbolo	Número atómico	Peso atómico	Nombre	Símbolo	Número atómico	Peso atómico
Hafnio	Hf	72	178,49	Neodimio	Nd	60	144,24
Helio	He	2	40,026	Neón	Ne	10	20,180
Hidrógeno	H	1	100,797	Neptunio	Np	93	237
Hierro	Fe	26	55,845	Niobio	Nb	41	92,906
Holmio	Ho	67	164,93	Níquel	Ni	28	58,693
Indio	In	49	114,82	Nitrógeno	N	7	140,067
Iridio	Ir	77	192,22	Nobelio	No	102	254
Iterbio	Yb	70	173,05	Oro	Au	79	196,97
Itrio	Y	38	88,906	Osmio	Os	76	190,23
Lantano	La	57	138,91	Oxígeno	O	8	15,999
Lawrencio	Lr	103	262	Paladio	Pd	46	106,42
Litio	Li	3	6,939	Plata	Ag	47	107,87
Lutecio	Lu	71	174,97	Platino	Pt	78	195,08
Magnesio	Mg	12	24,307	Plomo	Pb	82	207,2
Manganeso	Mn	25	54,938	Plutonio	Pu	94	242
Meitnerio	Mt	109	268	Polonio	Po	84	210
Mendelevio	Md	101	256	Potasio	K	19	39,098
Mercurio	Hg	80	200,59	Praseodimio	Pr	59	140,91

Prometio	Pm	61	147	Tecnecio	Tc	43	99
Protactinio	Pa	91	231,04	Telurio	Te	52	127,60
Radio	Ra	88	226	Terbio	Tb	65	158,93
Radón	Rn	86	222	Titanio	Ti	22	47,867
Renio	Re	75	186,2	Torio	Th	90	232,04
Rodio	Rh	45	102,905	Tulio	Tm	69	168,93
Roentgenio	Rg	111	272	Tungsteno	W	74	183,85
Rubidio	Rb	37	85,47	Unumpentio	Up	115	288
Rutenio	Ru	44	101,07	Ununoctio	Uuo	118	294
Rutherfordio	Rf	104	261	Ununseptio	Uus	117	294
Samario	Sm	62	150,36	Ununtrio	Uut	113	286
Seaborgio	Sg	106	266	Uranio	U	92	238,03
Selenio	Se	34	78,971	Vanadio	V	23	50,942
Silicio	Si	14	28,086	Xenón	Xe	54	131,29
Sodio	Na	11	22,990	Yodo	I	53	126,90
Talio	Tl	81	204,38	Zinc	Zn	30	65,38
Tántalo	Ta	73	180,95				

Conversión de volúmenes

Para convertir	A	Multiplicar por
Galones	Centímetros cúbicos	3785
Galones	Milímetros cúbicos	0,00379
Galones	Pies cúbicos	0,1337
Galones	Pulgadas cúbicas	231
Galones	Galones (Br.)	0,8327
Galones	Litros	3,785
Galones	Libras de agua	8,35
Galones	BBL (petróleo)	0,02381
Galones	BBL (líquidos)	0,03175
Centímetros cúbicos	Metros cúbicos	1×10^{-6}
Centímetros cúbicos	Pies cúbicos	$3,531 \times 10^{-5}$
Centímetros cúbicos	Pulgadas cúbicas	0,06102
Centímetros cúbicos	Galones (Br.)	$2,20 \times 10^{-4}$
Centímetros cúbicos	Galones	$2,642 \times 10^{-4}$
Centímetros cúbicos	Litros	0,001
Centímetros cúbicos	BBL (petróleo)	$6,29 \times 10^{-6}$
Centímetros cúbicos	BBL (líquidos)	$8,39 \times 10^{-6}$
Litros	Centímetros cúbicos	1000
Litros	Milímetros cúbicos	0,001
Litros	Yardas cúbicas	0,00131
Litros	Pies cúbicos	0,0353
Litros	Pulgadas cúbicas	61,02
Litros	Galones (Br.)	0,2200
Litros	Galones	0,2642
Litros	BBL (petróleo)	0,00629
Litros	BBL (líquidos)	0,00839
Pies cúbicos	Centímetros cúbicos	$2,83 \times 10^4$
Pies cúbicos	Metros cúbicos	0,02832
Pies cúbicos	Yardas cúbicas	0,03704
Pies cúbicos	Pulgadas cúbicas	1728
Pies cúbicos	Galones (Br.)	6,229
Pies cúbicos	Litros	28,32
Pies cúbicos	BBL (petróleo)	0,1781
Pies cúbicos	BBL (líquidos)	0,2375
Pulgadas cúbicas	Centímetros cúbicos	16,387

Conversión de superficies

A		cm ²	m ²	km ²	pulg. ²	pies ²	millas ²
De							
cm ²		1	0,0001	1×10^{10}	0,1550	0,00108	$3,86 \times 10^{11}$
m ²		1×10^4	1	1×10^6	1550	10,76	$3,86 \times 10^7$
km ²		1×10^{10}	1×10^6	1	$1,55 \times 10^9$	$1,08 \times 10^7$	0,3861
pulg. ²		6,452	$6,45 \times 10^4$	$6,45 \times 10^{10}$	1	0,00694	$2,49 \times 10^{10}$
pies ²		929,0	0,09290	$9,29 \times 10^8$	144	1	$3,59 \times 10^8$
millas ²		$2,59 \times 10^{10}$	$2,59 \times 10^6$	2,590	$4,01 \times 10^9$	$2,79 \times 10^7$	1

Equivalencias decimales

Octavos	Treinta y dosavos	Sesenta y cuatroavos	
1/8 = 0,125	1/32 = 0,03125	1/64 = 0,015625	33/64 = 0,515625
1/4 = 0,250	3/32 = 0,09375	3/64 = 0,046875	35/64 = 0,546875
3/8 = 0,375	5/32 = 0,15625	5/64 = 0,078125	37/64 = 0,578125
1/2 = 0,500	7/32 = 0,21875	7/64 = 0,109375	39/64 = 0,609375
5/8 = 0,625	9/32 = 0,28125	9/64 = 0,140625	41/64 = 0,640625
3/4 = 0,750	11/32 = 0,34375	11/64 = 0,171875	43/64 = 0,671875
7/8 = 0,875	13/32 = 0,40625	13/64 = 0,203125	45/64 = 0,703125
Dieciseisavos	15/32 = 0,46875	15/64 = 0,234375	47/64 = 0,734375
1/16 = 0,0625	17/32 = 0,53125	17/64 = 0,265625	49/64 = 0,765625
3/16 = 0,1875	19/32 = 0,59375	19/64 = 0,296875	51/64 = 0,796875
5/16 = 0,3125	21/32 = 0,65625	21/64 = 0,328125	53/64 = 0,828125
7/16 = 0,4375	23/32 = 0,71875	23/64 = 0,359375	55/64 = 0,859375
9/16 = 0,5625	25/32 = 0,78125	25/64 = 0,390625	57/64 = 0,890625
11/16 = 0,6875	27/32 = 0,84375	27/64 = 0,421875	59/64 = 0,921875
13/16 = 0,8125	29/32 = 0,90625	29/64 = 0,453125	61/64 = 0,953125
15/16 = 0,9375	31/32 = 0,96875	31/64 = 0,484375	63/64 = 0,984375

Pulgadas a milímetros	Equivalencia de milímetros a pulgadas	
1/16 pulg. = 1,59 mm	1 mm = 0,039 pulg.	15 mm = 0,590 pulg.
1/8 pulg. = 3,17 mm	2 mm = 0,079 pulg.	16 mm = 0,630 pulg.
3/16 pulg. = 4,76 mm	3 mm = 0,118 pulg.	17 mm = 0,669 pulg.
1/4 pulg. = 6,35 mm	4 mm = 0,157 pulg.	18 mm = 0,709 pulg.
5/16 pulg. = 7,94 mm	5 mm = 0,197 pulg.	19 mm = 0,748 pulg.
3/8 pulg. = 9,52 mm	6 mm = 0,236 pulg.	20 mm = 0,787 pulg.
7/16 pulg. = 11,11 mm	7 mm = 0,276 pulg.	21 mm = 0,827 pulg.
1/2 pulg. = 12,70 mm	8 mm = 0,315 pulg.	22 mm = 0,866 pulg.
9/16 pulg. = 14,29 mm	9 mm = 0,354 pulg.	23 mm = 0,905 pulg.
5/8 pulg. = 15,87 mm	10 mm = 0,394 pulg.	24 mm = 0,944 pulg.
11/16 pulg. = 17,46 mm	11 mm = 0,433 pulg.	25 mm = 0,984 pulg.
3/4 pulg. = 19,05 mm	12 mm = 0,472 pulg.	25,4 mm = 1 pulg.
13/16 pulg. = 20,64 mm	13 mm = 0,512 pulg.	
7/8 pulg. = 22,22 mm	14 mm = 0,551 pulg.	
15/16 pulg. = 23,81 mm		
1 pulg. = 25,40 mm		
1 1/4 pulg. = 31,75 mm		
1 1/2 pulg. = 38,10 mm		
2 pulg. = 50,80 mm		

Fórmulas de conversión de temperatura

Grados Celsius (Centígrados) (°C)	Grados Fahrenheit (°F)	Grados Rankine absolutos (°R) Grados Kelvin (°K)
$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1,8}$	$^{\circ}\text{F} = 1,8 (^{\circ}\text{C}) + 32$	$0^{\circ}\text{R} = 0^{\circ}\text{K}$
		$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459,69$
$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273,16$	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 459,69$	$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,16$

Tabla de conversión de temperatura Celsius (°C) Fahrenheit (°F)

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
-200	-328	65	149	410	770	790	1454
-180	-292	70	158	420	788	800	1472
-160	-256	75	167	430	806	810	1490
-140	-220	80	176	440	824	820	1508
-120	-184	85	185	450	842	830	1526
-100	-148	90	194	460	860	850	1562
-95	-139	95	203	470	878	900	1652
-90	-130	100	212	480	896	950	1742
-85	-121	110	230	490	914	1000	1832
-80	-112	120	248	500	932	1050	1922
-75	-103	130	266	510	950	1100	2012
-70	-94	140	284	520	968	1150	2102
-65	-85	150	302	530	986	1200	2192
-60	-76	160	320	540	1004	1250	2282
-55	-67	170	338	550	1022	1300	2372
-50	-58	180	356	560	1040	1350	2462
-45	-49	190	374	570	1058	1400	2552
-40	-40	200	392	580	1076	1450	2642
-35	-31	210	410	590	1094	1500	2732
-30	-22	220	428	600	1112	1550	2822
-25	-13	230	446	610	1130	1600	2912
-20	-4	240	464	620	1148	1650	3002
-15	5	250	482	630	1166	1700	3092
-10	14	260	500	640	1184	1750	3182
-5	23	270	518	650	1202	1800	3272
0	32	280	536	660	1220	1850	3362
5	41	290	554	670	1238	1900	3452
10	50	300	572	680	1256	1950	3542
15	59	310	590	690	1274	2000	3632
20	68	320	608	700	1292	2050	3722
25	77	330	626	710	1310	2100	3812
30	86	340	644	720	1328	2150	3902
35	95	350	662	730	1346	2200	3992
40	104	360	680	740	1364	2250	4082
45	113	370	698	750	1382	2300	4172
50	122	380	716	760	1400	2350	4262
55	131	390	734	770	1418	2400	4352
60	140	400	752	780	1436	2450	4442

Espesor de pared de tubería

Tamaño nominal	OD	Espesor de pared			Diámetro interior		
		Sch 10	Sch 40	Sch 80	Sch 10	Sch 40	Sch 80
1/8	0,405	0,049	0,068	0,095	0,307	0,269	0,215
1/4	0,540	0,065	0,088	0,119	0,410	0,364	0,302
3/8	0,675	0,065	0,091	0,126	0,545	0,493	0,381
1/2	0,840	0,083	0,109	0,147	0,674	0,622	0,546
3/4	1,050	0,083	0,113	0,154	0,884	0,824	0,742
1	1,315	0,109	0,133	0,179	1,097	1,049	0,957
1 1/4	1,660	0,109	0,140	0,191	1,442	1,380	1,278
1 1/2	1,900	0,109	0,145	0,200	1,682	1,610	1,500
2	2,375	0,109	0,154	0,218	2,157	2,067	1,939

Todas las dimensiones son en pulgadas.

OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Fraccional

Tubo (pulg.)	OD (pulg.)	Espesor de la pared (pulg.)	ID Tubo (pulg.)	Superficie sección transversal del ID (pulg. ²)
1/16	0,062	0,010	0,042	0,0014
		0,015	0,032	0,0008
		0,020	0,022	0,0004
1/8	0,125	0,028	0,069	0,0037
		0,035	0,055	0,0024
3/16	0,187	0,028	0,131	0,0135
		0,035	0,117	0,0108
		0,049	0,089	0,0062
1/4	0,250	0,028	0,194	0,030
		0,035	0,180	0,025
		0,049	0,152	0,018
		0,065	0,120	0,011
5/16	0,312	0,035	0,242	0,046
		0,049	0,214	0,036
		0,065	0,182	0,026
3/8	0,375	0,035	0,305	0,073
		0,049	0,277	0,060
		0,065	0,245	0,047
1/2	0,500	0,035	0,430	0,145
		0,049	0,402	0,127
		0,065	0,370	0,108
		0,083	0,334	0,088

OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Fraccional (*Continuación*)

Tubo (pulg.)	OD (pulg.)	Espesor de la pared (pulg.)	ID Tubo (pulg.)	Superficie sección transversal del ID (pulg. ²)
5/8	0,625	0,049	0,527	0,218
		0,065	0,495	0,192
		0,083	0,459	0,166
		0,095	0,435	0,149
3/4	0,750	0,049	0,652	0,334
		0,065	0,620	0,302
		0,083	0,584	0,268
		0,095	0,560	0,246
		0,109	0,532	0,222
7/8	0,875	0,049	0,777	0,474
		0,065	0,745	0,436
		0,083	0,709	0,395
		0,095	0,685	0,369
		0,109	0,657	0,339
1	1,000	0,065	0,870	0,595
		0,083	0,834	0,546
		0,095	0,810	0,515
		0,109	0,782	0,480
		0,120	0,760	0,454
1 1/4	1,250	0,083	1,084	0,923
		0,095	1,060	0,883
		0,109	1,032	0,837
		0,120	1,010	0,801
		0,134	0,982	0,757
		0,156	0,938	0,691
1 1/2	1,500	0,095	1,310	1,348
		0,109	1,282	1,291
		0,120	1,260	1,247
		0,134	1,232	1,192
		0,156	1,188	1,109
		0,188	1,124	0,992
2	2,000	0,109	1,782	2,494
		0,120	1,760	2,433
		0,134	1,732	2,356
		0,156	1,688	2,238
		0,188	1,624	2,071

OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Métrico

OD del tubo (mm)	Espesor de la pared (mm)	ID del tubo (mm)	Superficie sección transversal del ID (mm ²)
1	0,2	0,6	0,2827
	0,3	0,4	0,1257
	0,4	0,2	0,0031
3	0,5	2,0	3,14
	0,6	1,8	2,54
	0,8	1,4	1,54
6	0,6	4,8	18,10
	0,8	4,4	15,21
	1,0	4,0	12,57
	1,25	3,5	9,62
	1,5	3,0	7,07
	1,6	2,8	6,16
8	0,8	6,4	32,17
	1,0	6,0	28,27
	1,25	5,5	23,76
	1,5	5,0	19,64
	1,6	4,8	18,10
10	0,8	8,4	55,42
	1,0	8,0	50,27
	1,25	7,5	44,18
	1,5	7,0	38,48
	1,6	6,8	36,32
12	1,0	10,0	78,54
	1,25	9,5	70,88
	1,5	9,0	63,62
	1,6	8,8	60,82
	2,0	8,0	50,27
14	1,0	12,0	113,10
	1,2	11,6	105,68
	1,5	11,0	95,03
	1,8	10,4	84,95
	2,0	10,0	78,54
	2,2	9,6	72,38
15	1,2	12,6	124,69
	1,5	12,0	113,10
	1,6	11,8	109,36
	2,0	11,0	95,03
	2,3	10,4	84,95

OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Métrico (*Continuación*)

OD del tubo (mm)	Espesor de la pared (mm)	ID del tubo (mm)	Superficie sección transversal del ID (mm ²)
16	1,2	13,6	145,27
	1,5	13,0	132,73
	1,6	12,8	128,68
	2,0	12,0	113,10
	2,3	11,4	102,07
18	1,2	15,6	191,13
	1,5	15,0	176,72
	1,6	14,8	172,03
	2,0	14,0	153,94
	2,3	13,4	141,03
	2,5	13,0	132,73
20	2,6	12,8	128,68
	1,5	17,0	226,98
	1,6	16,8	221,67
	2,0	16,0	201,06
	2,3	15,4	186,27
	2,5	15,0	176,71
22	2,6	14,8	172,03
	1,5	19,0	283,53
	1,6	18,8	277,59
	2,0	18,0	254,47
	2,3	17,4	237,79
	2,5	17,0	226,98
25	2,6	16,8	221,67
	1,5	22,0	380,13
	1,6	21,8	373,25
	2,0	21,0	346,36
	2,3	20,4	326,85
	2,5	20,0	314,16
28	2,6	19,8	307,91
	3,0	19,0	283,53
	2,0	24,0	452,38
	2,2	23,6	437,43
	2,5	23,0	415,47
	2,8	22,4	394,08
	3,0	22,0	380,13
	3,5	21,0	346,36

continuación

OD del tubo, Pared, Superficie de la sección transversal del ID, Métrico (*Continuación*)

OD del tubo (mm)	Espesor de la pared (mm)	ID del tubo (mm)	Superficie sección transversal del ID (mm ²)
30	2,0	26,0	530,92
	2,2	25,6	514,71
	2,5	25,0	490,87
	2,8	24,4	467,59
	3,0	24,0	452,38
	3,5	23,0	415,47
32	2,0	28,0	615,75
	2,2	27,6	598,28
	2,5	27,0	572,55
	2,8	26,4	547,39
	3,0	26,0	530,92
	3,5	25,0	490,87
38	4,0	24,0	452,38
	2,2	33,6	886,68
	2,5	33,0	855,29
	2,8	32,4	824,47
	3,0	32,0	804,24
	3,5	31,0	754,76
	4,0	30,0	706,85
	4,5	29,0	660,51

Apéndice C

Tablas de corrosión

Los datos ofrecidos se consideran fiables, pero una tabla así no puede cubrir todas las condiciones de concentración, temperatura, impurezas y aireación. Se sugiere utilizarla solamente para seleccionar posibles materiales y después hacer una investigación más extensa en base a resultados de corrosión publicados bajo las condiciones específicas previstas. Si no hay estudios publicados o accesibles, se deben realizar pruebas de corrosión bajo condiciones de uso real para determinar qué materiales pueden utilizarse.

1. Excelente. 2. Bueno, en la mayoría de las condiciones. 3. Aceptable, vida limitada y condiciones restringidas. 4. Insatisfactorio.	Aluminio	Latón	Acero al carbono	Aleación 400	Acero inoxidable 316	PTFE/PFA	Polietileno	Buna-N (Nitrilo)	FKM	Neopreno	Delrin®	Aleación 600	Aleación C276	Titanio
	1	3	3	2	1	1		1	1	2	1	1	1	1
	4	4	4	2	1	1		1	1	1	1			
	4	4	4	4	1	1	2	1	1	1	2			
	1	2	2		1	1		1	1	2	1			
	1	2	2		1	1		1	1	3	1			
	1	1	2		1	1		1	1	2	1			
	2	2	3		2	1		1	1	2	1			
	2	2	3		1	1		1	1	2	1			
	1	1	3		2	1		1	1	2	1			
	1	2	1		1	1		1	1	2	1			
	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1			
	3	3	3		2	1		1		2	1			
	1	4	2	2	1	1		1	1	2	1	1		
	1	1	1	1	1	1		1		2				
	2	2	2		1	1		1	1	2	1			
	1	1	3	2	1	1		1	1	2	1			
	1	2	1		1	1		4	3	4	2	2	1	1
	1	2	1	1	1	1		4	4	4	2	1	1	1
	4	4	3	1	2	1						1	2	1
	1	2	1	1	1	1		4	4	4	1	1	1	1

Acetato de metilo	2	2	2	2	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1
Acetato de sodio	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1
Acetileno	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acetona	2	1	2	1	1	1	1	3	4	4	3	1	1	1
Acetona de metilo	2	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	1	1	1
Ácido acético	2	4	4	3	1	1	3	3	4	3	4	2	1	1
Ácido arsénico	4	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Ácido bórico	2	2	4	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Ácido butírico	2	4	4	2	2	1	2	2	3	3	1	3	1	1
Ácido carbólico	2	3	3	2	1	1	1	4	2	4	4	2	1	1
Ácido carbónico	1	1	4	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Ácido cianhídrico	1	4	1	2	1	1	1	4	1	2	4	1	2	1
Ácido cítrico	2	4	4	2	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1
Ácido clórico	4	4	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ácido crómico	4	4	2	4	4	1	2	4	3	4	4	2	2	1
Ácido esteárico	4	3	3	1	1	1	1	1	1	3	1	2	2	2
Ácido fluorhídrico	4	4	4	2	4	1	3	1	3	4	4	2	3	3
Ácido fluorbórico	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4
Ácido fluorosilícico	4	1	4	1	1	1	1	1	3	1	2	4	4	4
Ácido fórmico — caliente	4	2	4	4	2	1	1	4	1	1	4	2	4	4
Ácido fórmico — frío	1	2	4	3	2	1	1	4	1	1	4	3	1	4
Ácido ftálico	2	2	3	2	1	1	1	3	1	3	1	2	2	1
Ácido graso	1	3	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1
Ácido hidrobromico	4	4	4	4	4	1	3	3	3	3	3	4	1	1
Ácido hidrocórico	4	4	4	2	4	1	2	2	3	4	4	4	4	4
Ácido hidrofluosilícico	4	4	4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1

(continuación)

1. Excelente. 2. Bueno, en la mayoría de las condiciones. 3. Aceptable, vida limitada y condiciones restringidas. 4. Insatisfactorio.	Aluminio	Latón	Acero al carbono	Aleación 400	Acero inoxidable 316	PTFE/PFA	Polietileno	Buna-N (Nitrilo)	FKM	Neopreno	Delrin®	Aleación 600	Aleación C276	Titanio
	1	4	4	2	2	1	2	3	3		4	1	2	1
	2	3	2	2	2			1	1	1	1	2	2	1
	2	2	4	2	1	1		1	1	1	1	1		1
	4	4	4	4	1	1		3	1	2	4	4	1	1
	4	4	4	4	1	1		4	2	4	4	1		2
	4	4	4	4	1	1		3	1	3	4	3	1	1
	4	4	4	4	1	1		4	2	4	4	1	4	2
	4	4	1	4	1	1				4		1	2	4
	4	4	4	4	2	1		3	1	1				
	2	2	3	1	2	1		1	1	3	1	1	1	1
	3	2	4	2	2	1		3	1	1	3	2	2	4
	2	2	2	2	1	1		2	1	2	1	1		
	3	4	4	4	2	1		3		1			2	
	2	2	3	2	2	1		1	1	1	1	2	2	
	2	2	4	1	2	1		1	1	1	1	2	2	
	2	2	2		2	1		3	3	3	4	2	2	
	4	3	2	4	1	1		4	2	4	4	4		4
	4	3	4	1	4	1		3	1	2	1	4		3
	4	3	4	4	4	1		3	1	3	4	4		4
	1	3	4	1	2	1		2	1	1	3	2		2

Ácido sulfuroso	2	4	4	4	4	2	1		3	1	3	3	4	2	1
Ácido tánico	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Ácido tartárico	1	4	4	1	1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	2
Acrlonitrilo	2	1	1	1	1	1	1		4	3	4	4	1	1	1
Agua carbonatada	1	2	2	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Agua clorada	4	4	4	1	3	1								1	1
Agua de alimentación de calderas	3	3	2	1	1	1									
Agua de mar	2	2	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Agua oxigenada — concentrada	1	4	4	4	1	1	1		4		4		1	1	1
Agua oxigenada — diluida	1	4	4	2	2	1	2	2	1	1	1		2	1	1
Agua potable	1	1	3		1	1	1		1	1	1	1			
Agua salada	3	3	4	1	2	1	2								
Alcohol etílico	2	1	1	1	2	1			1	1	1	1	1	1	1
Alcohol isopropílico	2	2	1	1	1	1			3	1	3	1	1	1	1
Alcohol metílico	2	2	2	1	2	1			1	4	1	1	1	1	1
Alcohol propílico	1	1	1	1	1	1			1		3		1	1	1
Alcoholes	2	2	2	1	1	1			1	1	1	1	1		1
Almidón	1	2	3		2	1			1	1	1	1			
Aluminato sódico	4	2	1	1	1	1			1	1	1	1	2	2	1
Aminas	2	2	2	1	1	1				4	4	1	2	1	1
Amoníaco anhídrido	2	4	1	1	1	1	2		2	3	2		1	1	
Anhídrido acético	1	4	4	1	2	4			3	4	3	4	1		
Anhídrido ftálico	1	2	1	1	1	1			3	1	3	1	1	1	
Anilina	2	4	1	2	1	1			4	3	3	1	2	2	1
Asfalto	1	2	1	1	1	1			3	1	3	1			
Azufre	1	4	2	1	1	1			4				4	2	1
Azufre — fundido	1	4	2	1	1	1	4	3			4	1			

(continuación)

Carbonato de sodio	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carbonato potásico	4	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Cerveza	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cetonas	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	1	1	1	1	1
Cianuro de sodio	4	4	1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Cianuro mercúrico	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
Cianuro potásico	4	4	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1
Clorato de sodio	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Clorato potásico	4	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1	3	2	1	1
Clorofórmio — seco	1	1	1	1	1	1	1	4	2	4	1	1	2	1	1
Clorosulfónico — húmedo	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	3	1	1	1	1
Clorosulfónico — seco	1	4	1	3	2	1	1	4	4	4	3	1	3	1	4
Cloruro de aluminio	4	4	4	2	4	1	2	2	1	2	1	4	1	1	1
Cloruro de amonio	4	4	3	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1
Cloruro de azufre	4	4	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruro de bario	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2
Cloruro de calcio	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruro de cobre	4	4	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruro de etilo — húmedo	2	2	4	2	1	1	1	3	3	1	1	1	2	1	1
Cloruro de etilo — seco	2	2	1	2	1	1	4	3	3	1	1	1	2	1	1
Cloruro de hidrógeno — húmedo	4	4	4	3	4	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Cloruro de hidrógeno — seco	4	3	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruro de magnesio	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Cloruro de metileno	1	2	2	2	2	1	3	4	3	4	1	2	1	2	1
Cloruro de metilo	4	1	1	2	1	1	2	3	3	1	2	1	2	1	1
Cloruro de níquel	4	4	4	2	2	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1

(continuación)

1. Excelente. 2. Bueno, en la mayoría de las condiciones. 3. Aceptable, vida limitada y condiciones restringidas. 4. Insatisfactorio.	Aluminio	Latón	Acero al carbono	Aleación 400	Acero inoxidable 316	PTFE/PFA	Polietileno	Buna-N (Nitrilo)	FKM	Neopreno	Delrin®	Aleación 600	Aleación C276	Titanio
	4	4	4	2	4	1							2	1
	1	2	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
	4	4	4	2	4	1	2	2	1	1	1	2	1	1
	4	4	4	3	4	1		1	1	1	1	4	2	2
	4	4	4	4	4	1	2	1	1	1	1	4	2	1
	4	4	4	4	4	1		1	1	1	1	4	2	1
	4	3	3	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1
	1	1	1	1	1	1		1	1	3	1			1
	1	1	1		1	1		1	1	3	1			1
	1	1	1		1	1		1	1	3	1			1
	1	2	2		1	1		1	1	2	1			
	1	1	1		1	1		1	1	3	1	1	1	1
	2	2	2	1	2	1	4	4	1	4	4	1	2	
	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
	3	3	2	1	1	1		2		2				
	1	2	2	2	1	1		1	1	1	1	2	2	1
	2	4	1	2	1	1		2		3		1	1	1
	2	2	1	1	1	1		1	1	1				
	4	4	4	4	1	1						2	1	
	1	3	2	2	1	1		3	1	3	1	2	4	

Dióxido de carbono	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2		1	1	1	1
Disolvente clorado	1	1	1	1	1	1	1	1		4	3	4	1	1	1	1	1
Dowtherm	1	1	2		1	1	1	1		4	1	4	1				
Estireno	1	1	1	1	1	1	1	1		4		4		2	1	1	1
Etano	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	4	1	1	1	1	1
Éter isopropílico	1	1	1	1	1	1	1	1		3		3					1
Éteres	1	2	1		1	1	1	1		3	3	3	3				
Etilglicol	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1
Fenol	2	1	1	2	2	1	2	1		4	2	4	4	2	1	1	1
Ferricianuro potásico	2	2	3	2	2	1	2	1		1	1	1	1	2	2	1	1
Ferrocianuro potásico	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1
Flúor — húmedo	4	4	4	1	4	1	2	1	2			3		1	2	4	4
Flúor — seco	2	3	1	1	2	1	2	1	2					1	2	4	4
Fluoruro de aluminio	1	4	4	2	3	1	2								2	2	2
Fluoruro de sodio	2	4	4	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1		2	2	2
Formaldehído — caliente	2	2	4	2	2	1				2		2	1	2	2	1	1
Formaldehído — frío	1	1	1	1	1	1				2		2	1	2	2	1	1
Fosfato de amonio	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1				
Fosfato de sodio	4	1	4	1	2	1				2	1	2	1	1	1	1	1
Fosfato de tributilo	1	1	1	1	1	1	1	1		3		3					
Fosfórico 10% — caliente	1	2	4	1	4	1				2	1	1	4	4			4
Fosfórico 10% — frío	1	2	4	1	2	1				2	1	1	4	1	1	1	1
Fosfórico 50% — caliente	4	2	4	1	4	1				2	1	2	4	4	4	4	4
Fosfórico 50% — frío	4	2	4	1	2	1				2	1	2	4	1			4
Fosfórico 85% — caliente	4	2	3	1	1	1	1	1		3		2	4	4			4
Fosfórico 85% — frío	4	2	2	1	1	1	1	1		3		2	4	1			4

(continuación)

[illegible]

Hidróxido de amonio	2	4	2	4	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
Hidróxido de bario	4	4	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1
Hidróxido de calcio	3	4	2	2	2	1			1	1	1	2	1	1	1
Hidróxido de magnesio — caliente	4	4	2	1	1	1	1	2	1	1	1				
Hidróxido de magnesio — frío	4	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1				
Hidróxido de sodio	4	4	2	1	1	1	2	2	3	2		1		2	
Hidróxido potásico	4	4	3	1	1	1	2					1	2	4	
Hipoclorito de calcio	4	4	3	3	3	1		2	1	2	1	4	2	1	
Hipoclorito potásico	4	4	3	4	2	1					4	2	1		
Isooctano	1	1	1	1	1	1		1	1	3	1			1	
Ketchup	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	
Leche	1	4	4	2	1	1	3	1	1	1	1	1			
Licor de azúcar de remolacha	1	3	2	1	1	1		1	1	1	1				
Licor de sulfato negro	4	2	1		1	1		2		1					
Mayonesa	4	4	4		1	1		1	1	1	1				
Melaza	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1			
Mercurio	4	4	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	4	
Metano	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	1	1	
Metilamina	2	4	2	3	2	1	2	3		3	1	1	2	2	
Metilcelcetona	1	1	1	1	1	1		4	4	1	2	2	1		
Monofosfato de amonio	2	4	4	2	2	1	1	1	1	1	2				
Mostaza	2	1	2		1	1		1	1	1	1				
Nafta	1	1	1	1	1	1		3	1	4	1	1	1	1	
Naftalina	2	2	1	2	1	1		3	1	4	1	2		1	
Nitrato de amonio	2	4	1	3	1	1	2	1	1	1	1		2	3	
Nitrato de bario	2	4	2	3	2	1	2				2				

(continuación)

1. Excelente. 2. Bueno, en la mayoría de las condiciones. 3. Aceptable, vida limitada y condiciones restringidas. 4. Insatisfactorio.	Aluminio	Latón	Acero al carbono	Aleación 400	Acero inoxidable 316	PTFE/PFA	Polietileno	Buna-N (Nitrilo)	FKM	Neopreno	Delrin®	Aleación 600	Aleación C276	Titanio
	4	4	4	4	2	1	2	1	1	1	1	4	2	1
	3	4	2	2	2	1		1	1	1	1	2	2	1
	4	4	4	4	1	1	2	3	1	3	1	2	1	1
	1	3	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
	4	4	4	4	2	1	2	1	1	1	1	4	2	
	1	1	1	1	1	1		4	3	4		1		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	2	2	2	1		1	1	1	1			
	4	4	2	2	2	1	3	4	4	4		2	1	1
	3	2	2	4	2	1		2		2	1	4	2	
	1	1	2	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
	1	4	3	1	1	1						1		
	1	4	1	1	1	1						1		1
	1	1	2	1	1	1		1	1	2	1			
	2	1	3	1	1	1		2		2	2	1	1	2
			4		4	1								
	1	2	1		2	1		1	1	1		1	1	1
	1	2	2	2	2	1		1	1	2	1	2		1
	4	4	2	2	1	1		3	1	1	1	2	2	
	1	2	2	2	2	1	2					2	2	

Peróxido de sodio	4	4	1	2	2	1		3	1	1	1	2	2	
Petróleo crudo, dulce	1	2	2		1	1		1	1	2				
Propano	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1		1
Queroseno	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1			1
Resina melamínica	2				2	1								
Sal	1	2	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Sal de Epsom (Magnesio)	1	2	3		2	1		1	1	1	1	1	1	1
Salmuera			3	1	2	1		1	1	1	1	1	1	1
Silicato de sodio	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	2	1
Suero de leche	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1			
Sulfato de aluminio	3	4	4	2	3	1	2	1	1	1	1	4	1	1
Sulfato de amonio	4	4	3	2	2	1		1	1	1	1	2	2	1
Sulfato de bario		2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Sulfato de calcio	2	2	2	2	1	1		1	1	1	1	4		1
Sulfato de cobre	4	2	4	2	2	1						2	1	2
Sulfato de magnesio	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Sulfato de níquel	4	3	4	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Sulfato de sodio	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2
Sulfato de zinc	3	4	4	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Sulfato férrico	4	4	4	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Sulfato ferroso	3	4	4	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Sulfato potásico	1	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
Sulfato—blanco líquido	2	3	3		2	1		3	3	1	1			
Sulfato—negro líquido	1	4	2	2	2	1		3	3	1	1		1	
Sulfato—verde líquido	4	4	2	2	2	1		3	3	1	1	2	2	
Sulfito de amonio	4	4	4	3	2	1						4		

(continuación)

1. Excelente. 2. Bueno, en la mayoría de las condiciones. 3. Aceptable, vida limitada y condiciones restringidas. 4. Insatisfactorio.	Aluminio		Latón		Acero al carbono		Aleación 400		Acero inoxidable 316		PTFE/PFA		Polietileno		Buna-N (Nitrilo)		FKM		Neopreno		Delrin®		Aleación 600		Aleación C276		Titanio	
	Sulfuro de sodio	1	4	4	4	2	2	4	1	1	1	2	2		1		1		1		1		2		2		1	
	Sulfuro de bario	4	4	4	1	4	1	4	1	1	1	2	2		1		1		1		1		2		2		1	
	Sulfuro de hidrógeno — húmedo	2	4	4	3	1	1	1	1	1	1	2	2		3		4		4		4		2		2		1	
	Sulfuro de hidrógeno — seco	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2		3		4		4		4		2		2		1	
	Sulfuro de sodio	1	3	3	3	2	2	2	2	2	1	2	1		1		1		1		1		2		2		2	
	Sulfuro potásico	4	4	4	4	4	2	1	2	1	2	1	2		1		2		2		2		2		2		1	
	Tet de carbono — húmedo	4	2	4	1	1	1	1	1	1	3	3	3		4		2		4		1		1		1		1	
	Tet de carbono — seco	1	3	4	1	2	1	2	1	2	1	1	1		4		2		4		1		1		1		1	
	Tetraetilo de plomo	2	2	3			2	1	2	1	2	1	1						1		1							
	Tinta	3	3	4			1	1	1	1	1	1	1		1		1		1		1		2		2			
	Tiosulfato sódico	2	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1		1		1		2		2			
	Tolueno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4		4		2		4		1		1		1		1	
	Trementina	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		3		1		4		1		1		1		1	
	Tricloroetileno	1	3	1	1	2	1	1	2	1	4	4	4		4		2		4		1		1		2		1	
	Trióxido de azufre	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1									2		2		2		
	Urea	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1								1		2		2			
	Vapor — 100°C (212°F)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		4		3		4		4		1		1		1	
	Vinagre	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	2	2		4		4		4		2				1			
	Vino	3	2	4	2	1	1	2	1	1	1	2	2		1		1		1		1							

Índice

Numerics

6-Moly acero inoxidable, 7

A

ABW. Vea accesorios para soldadura automática de tubo a tope

acabado superficial, 18

ABW, 162

al seleccionar tubo de calidad,
21–22

ASTM, 22

caudal de fuga, 229

En pruebas de desmontaje/
reutilización, 183–184

en sistemas de gas a alta presión,
129, 130

seguridad, 125–126

TBW, 161

tolerancias en el, en pedidos de
compra, 22

accesorios con cono y rosca (C&T),
105–107, 167

accesorios de cierre frontal, 164–165

accesorios para aplicaciones

especiales, 157–172

ABW, 162

accesorios de cierre frontal,
164–165

accesorios protectores, 169–170

accesorios Ultra-Torr para vacío,
154, 165

adaptadores a brida, 172

ASW, 159

C&T, 105–107, 167

conectores con extensión para
proceso, 172

JTC, 168

Micro-Fit, 72, 161, 162

MPW, 160

MTW, 161

para plástico, 166–167

para polipropileno, 167

para Tygon, 166

PFA, 167

placas orificio, 171

polietileno, 167

PSW, 160

PTFE, 167

PVC blando, 166

racores con amarre, 171

racores galgables para
cromatografía y finales de
columna, 170

sistema de soldadura, 163

soldadura, 158–162

TBW, 161

TSW, 159

VCO, accesorios de cierre frontal
con junta tórica, 164–165

VCR, accesorios de cierre frontal
con junta plana metálica, 164

accesorios para soldadura automática
de tubo a tope (ABW), 162

accesorios para soldadura automática
de tubo por encastre (ASW), 15

accesorios para soldadura de tubería
por encastre (PSW), 160

accesorios para soldadura de tubo a
tope (TBW), 161

accesorios para soldadura de tubo
por encastre (TSW), 159

accesorios protectores, 169–170

acción compensada, 4, 6, 144

- acción de flexión con collarín de sujeción, 10–11
- acción elástica, 5
- acero al carbono
 - ASTM A179, 23
 - coeficiente de dilatación, 143
 - herramienta para refrentar tubo, 72
 - normativas, 7, 29
 - otros procesos, 8
- acero con bajo contenido en carbono, 29
- Acero inoxidable
 - acero inoxidable 304, 145, 146
 - acero inoxidable 316, 7, 8, 72, 145, 146, 161
 - ASTM A1016, 28
 - ASTM A269, 20
 - austenítico, 23, 28, 32, 79, 123, 215
 - bobinas, 47
 - carbono, 11
 - otros procesos, 8
 - ASTM A179, 23
 - cloruros, rotuladores con bajo contenido en, 79
 - coeficiente de dilatación, 143
 - con latón, 18
 - cono y rosca (MHSU), 90
 - corrosión, 284–297
 - cromo, 11
 - en sistemas de vacío, 141
 - en traceados, 134
 - herramienta para refrentar tubo, 72
 - localización y solución de problemas, 151
 - MTW, 161
 - níquel, 11
 - normativas, 7, 28
 - NPTF, 198
 - OD, 23
 - para sistemas de gas a alta presión, 129
 - pedidos, 215, 217
 - recocido, 23
 - resistencia a la vibración, 143
 - restricciones de dureza, 23
 - servicio criogénico, 147
 - sin soldadura, 176–177, 211, 214–217
 - soldado, 176, 214–215, 216
 - uniones abocardadas, 152
 - vapor, 130
- Acero inoxidable 304
 - presión de servicio, 146
 - servicio a temperaturas elevadas, 145
- Acero inoxidable 316
 - corrosión, 284–297
 - férulas traseras de, 8
 - herramienta para refrentar tubo, 72
 - Micro-Fit, 161
 - MTW, 161
 - normativas, 7
 - presión de servicio, 146
 - servicio a temperaturas elevadas, 145
- acero inoxidable sin soldadura, 176–177, 211, 214–217
- acero inoxidable soldado, 176, 214–215, 216
- adaptadores a brida, 172
- adaptadores a tubo, conexiones finales, 92–95, 99–101
- aflojar
 - fugas debidas a, 116, 125
 - purgar el sistema, 75, 125
- agua, equipos de tratamiento, 140
- agua, peso específico, 268
- aire, curvas de caudal, 249–257
- aire, velocidad media, ID, 258
- aislamiento, 134, 135, 136, 138
- aleación 2507, 7, 24, 32, 177
- aleación 254, 24, 32
- aleación 400
 - ASTM B165, 23–24, 31
 - coeficiente de dilatación, 143
 - corrosión, 284–297
 - dureza, 23–24, 31
 - en sistemas de vacío, 142
 - factores de presión de servicio, 146
 - normativas, 7
 - otros procesos, 8

- servicio a temperaturas elevadas, 145
- servicio criogénico, 147
- aleación 600
 - ASTM B167, 24, 31
 - corrosión, 284–297
 - normativas, 7
 - otros procesos, 8
 - servicio criogénico, 147
- aleación 625
 - ASTM B444, 24, 32
 - normativas, 7
- aleación 825
 - ASTM B163, 24, 32
 - ASTM B423, 24
 - normativas, 7
- aleación C-276
 - ASTM B622, 24, 31
 - corrosión, 284–297
 - normativas, 7
 - otros procesos, 8
- aleación R-405
 - ASTM B165, 31
 - corrosión, 284–297
 - alta presión (HP)
 - cono y rosca (C&T), 167
 - DMT, 126
 - fluidos de transferencia de calor para, 140
 - instalación en, 77
 - para tubo hasta 1 pulg., 126–129
 - serie IPT, 104–109
 - sistemas de gas, 128–131
- aluminio
 - ASTM B210, 23, 27, 30
 - coeficiente de dilatación, 143
 - corrosión, 284–297
 - doblado de tubo, 53
 - enderezado de tubo, 45
 - factores de presión de servicio, 146, 220
 - normativas, 7
 - otros procesos, 8
 - servicio a temperaturas elevadas, 145
 - servicio criogénico, 147
- ángulo de hilos de roscas, 194
 - rosas cónicas, 198
 - rosas de paso unificado, 200, 204
 - rosas métricas, 207
 - rosas paralelas métricas, 202
 - ISO 228/1, 201
 - ISO 7/1, 198
- ANSI B1.20.1, 197
- ANSI B1.20.3, 198
- ANSI B16.5, 172
- ANSI B31.3, 221
- ANSI/ASME B1.13M, 202
- apriete, 3, 75, 115, 154
 - en accesorios Ultra-Torr para vacío, 165
 - galga de inspección de montaje, 14, 125
 - pruebas de fugas de gas, 179
 - vapor, 190
- AQL. Vea límite de aceptación de calidad
- arco de tungsteno y gas inerte (TIG), 163
- argón, 129
- arsina, 130
- ASME, programa N Stamp, 12
- ASME B16.11, 160
- ASME B31.1, 219
- ASME B31.3, 219
- ASME B31.3-2012, 210
- ASTM
 - acabado superficial, 22
 - el OD, 27, 211
 - espesor de pared, 211
 - tolerancias, 12, 27
- ASTM A1016, 28
- ASTM A161, 29
- ASTM A179, 23, 29
- ASTM A213, 24, 28, 32
- ASTM A249, 28
- ASTM A269, 211, 214
 - acero inoxidable austenítico, 28
 - acero inoxidable, 20
 - aleación 254, 24, 32
 - ovalidad, 21
- ASTM A450, 29

ASTM A632, 28
 ASTM A789, 24, 32
 ASTM B163, 24, 32
 ASTM B165
 aleación 400, 23–24
 aleación 400/R-405, 31
 ASTM B167, 24, 31
 ASTM B210, 23, 30
 ASTM B251, 29–30
 ASTM B338, 24, 31
 ASTM B423
 aleación 825, 24
 aleación de níquel, 32
 ASTM B444, 24, 32
 ASTM B468, 24, 31
 ASTM B622, 24, 31
 ASTM B68, 29
 ASTM B704, 24, 32
 ASTM B729, 24
 ASTM B75, 23, 29–30, 218, 219
 ASTM B88, 23, 30, 218, 219
 ASW. Vea accesorios para soldadura
 automática de tubo por encastre
 austenítico, acero inoxidable
 ASTM A1016, 28
 ASTM A213, 28, 32
 ASTM A249, 28
 ASTM A269, 28
 ASTM A632, 28
 cloruros, 79
 criogénico, servicio, 147
 normativas, 28
 rotura por corrosión bajo tensión,
 79
 tolerancia de ovalidad, 23, 215

B

bloque para tornillo de banco, 62
 BM, en la referencia, 8
 boca cónica del cuerpo, 3
 British Standard Pipe Parallel. Vea ISO
 228/1.
 British Standard Pipe Taper. Vea ISO
 7/1.
 BS 21, 199
 BS EN 10226-1, 199
 BSPP, 201

BT, en la referencia, 9
 BTTB. Vea dobladora de tubo para
 banco
 Buna N
 corrosión, 284–297
 junta tórica, 103

C

C&T. Vea accesorios con cono y
 rosca
 calor, fluidos para transferencia de,
 140, 189
 calor, pérdida de, 135–136
 capacidades de presión, 209–222.
 Vea también presión de servicio
 de los racores taladrados, 9
 del acero inoxidable sin soldadura,
 211
 espesor de pared, 210–211
 fluidos de transferencia de calor,
 140
 ID y, 210–211
 OD y, 210–211
 para servicio a temperaturas
 elevadas, 145–146, 220–221
 para servicio de gas, 212–221
 PFA, 154
 presión de servicio de conexiones
 roscadas, 221–222
 carbono-molibdenuo, 29
 carburización, 10
 carburos, 10
 caudal laminar, 249
 caudal turbulento, 249
 caudal, conversiones, 261
 cierres, Vea también cierre sin fugas
 accesorios de cierre frontal,
 164–165
 cierre en gas, 5–6
 cierres dinámicos, 229–230
 estático, 229
 férulas, 11
 fugas en el, 229
 integridad del, 190
 OD, 18
 sin fugas en vacío, 165
 sin fugas para agua, 168

- temperatura, 190
- cierre a prueba de fugas, 2, 4, 95
 - en accesorios de media presión, 103
 - en desmontaje/reutilización, 10
 - en JTC, 168
 - en sistemas de gas a alta presión, 129
 - en sistemas de vacío, 141
 - férula delantera, 6
 - mezcla/intercambio, 91
- cierre con junta mixta, 203
- cierre metal con metal , 202–203, 224
- cierre sin fugas para agua, 168
- cierres dinámicos, 229–230
- cierres estáticos, 229
- cinta. Vea también cinta de PTFE
 - haluros en, 134
- cinta de PTFE, 110, 111
 - aplicación, 116–121
 - en sistemas de vacío, 143
 - localización y solución de problemas, 151
 - NPT, 197
 - para roscas cónicas, 196, 222
- cloruros
 - corrosión por, 79, 81, 134
 - en cintas, 134
 - en rotuladores, 79, 81
- cloruros, rotuladores con bajo contenido en, 79
- cobre
 - ASTM B251, 29–30
 - ASTM B68, 29
 - ASTM B75, 23, 29
 - ASTM B88, 30
 - coeficiente de dilatación, 143
 - localización y solución de problemas, 153
 - normativas, 29–30
 - pedido, 23, 218, 219
 - presión de servicio, 146
 - presión de servicio, 219
 - recocido, 29
 - servicio a temperaturas elevadas, 145
 - tamaños fraccionales, 218
 - tamaños métricos, 219
 - tracado, 131, 138
- codos, 7, 103, 177, 182
- coeficiente de dilatación
 - elastómeros, 147
 - integridad del cierre, 190
 - sistemas de vacío, 142, 143
- coeficiente de fricción, 26
- collarín de sujeción, 4, 5, 10
- concentricidad del tubo, 21–22
- conector para manguera (HC), 166
- Conector para tubo encamisado (JTC), 168
- conectores con extensión para proceso, 172
- conexión final con férula mecanizada, 95–96
- conexiones finales con roscas
 - cónicas, 108–109
- conexiones pasamuros, 101–102
- contaminación medioambiental
 - fugas reales hacia el exterior, 225
 - pruebas de rendimiento, 174
- Control Estadístico de Calidad, 12
- Control Estadístico de Proceso, 12
- corrosión
 - acero inoxidable austenítico, 79, 81
 - inducida por microorganismos, 153
 - por cloruros, 79, 123, 134
 - por vapor, 130, 190
 - resistencia a la, 25, 26, 74
 - tablas, 283–297
- corrosión inducida por microorganismos, (MIC), 153
- cortadores de tubo, 67–69
- cresta, de hilo de rosca, 194
 - ISO 228/1, 201
 - ISO 7/1, 198
 - rosas de paso unificado, 200, 204
 - rosas métricas, 207
 - rosas paralelas métricas, 202
 - rosas paralelas, 200
- criogénico, servicio, 146–147, 189
- cromatógrafos, 170, 183

chromo, en acero inoxidable, 11

cruces, 7, 178, 182

curvas con desviación, 51–52, 56

curvas de 180°, 49–50, 57–58

D

de trazo para equipos de proceso, 138–140

decimales, equivalencias, 276

deformación

AHSU, 88

herramientas de predeformación, 86–88, 152

hidráulica, 88–90

MHSU, 10, 89–90, 152

derrame, tubos de, 9

desbarbar, 70–72

el ID, 70, 72, 129

el OD, 70, 129

en sistemas de gas a alta presión, 129, 130

localización y solución de problemas, 150

desgasificación, 226

desmontaje/reutilización, 83–85

accesorios de cierre frontal con junta tórica VCO, 164

cierre sin fugas, 10

lazos de dilatación, 41

placas orificio, 171

pruebas de fugas de gas, 181

pruebas de rendimiento, 182–184

servicio crítico, 144

detección de fugas con agua con

jabón, 227

detector de fugas líquido Snoop, 137,

180, 227–228

detector de fugas REAL COOL

SNOOP, 137

detectores de fugas por helio, 142,

179, 181, 227

diámetro exterior (OD), 21–22, 217

caída de presión, 235–247

de la longitud mínima de tramo recto, 65, 66

del radio de doblado, 50

del trazo de rejilla plana, 140

en cierres, 18

en servicio de gas, 19

en sistemas de gas a alta presión, 128

en sistemas de vacío, 142

en soldadura, 22

en tamaños fraccionales, 278–279

en tamaños métricos, 280–282

espesor de pared, 278

JTC, 168

localización y solución de problemas, 150

para desbarbar, 70, 72, 129

para trazo horizontal, 133

presión de servicio, 210–211

purgadores de vapor, 136

resistencia a la vibración, 143

tolerancias ASTM, 27, 211

tolerancias de la aleación 400, 24, 31

tolerancias de la aleación 600, 24

tolerancias de la aleación C-276, 24, 31

tolerancias de la aleación R-405, 31

tolerancias del acero con bajo contenido en carbono, 29

tolerancias del acero inoxidable

austenítico, 28

tolerancias del acero inoxidable, 23

tolerancias del cobre, 30

tolerancias del polietileno, 25

tolerancias del polipropileno, 26

tolerancias del titanio, 24

tolerancias, 12–13

vapor, 131

diámetro interior (ID), 22, 154

acero inoxidable austenítico, 28

desbarbar, 70, 72, 129

determinar, 234

en tamaños fraccionales, 278–279

en tamaños métricos, 280–282

espesor de pared, 278

presión de servicio, 210–211

velocidad del aire, 258

velocidad media del aire, 248

- DIN 2999, 198
- discos de ruptura, 167
- DMT, herramienta de profundidad de inserción, 78–79, 126
- DMT. Vea DMT, herramienta de profundidad de inserción
- doblado de tubo, 47–67
 - cerca de los racores, 65–66
 - curvas con desviación, 51–52, 56
 - curvas de 180°, 49–50, 57–58
 - defectos, 60–61
 - endurecimiento por, 59
 - espesor de pared, 59
 - formación, 67
 - longitud mínima de tramo recto para, 64–67
 - marcas para, 54–55
 - método de medición desde la curva, 56–58
 - tranceados, 135
- Dobladora de tubo eléctrica (ETB), 64
- dobladora de tubo manual (HTB), 62–63
- dobladora de tubo para banco (BTTB), 63–64, 66
- dobladoras de tubo, 61–64
- Dowtherm, 131
- dureza, 11
 - acción compensada, 6
 - acero inoxidable, 22
 - al seleccionar tubo de calidad, 21–22
 - aleación 2507, 24, 32
 - aleación 254, 24
 - aleación 400, 23–24, 31
 - aleación 600, 24
 - aleación 825, 24
 - aleación R-405, 31
 - de los racores taladrados, 10
 - en pedidos de compra, 22
 - en sistemas de gas a alta presión, 129
 - localización y solución de problemas, 151–154
 - máxima, 23
 - recocido, 23
 - tolerancias de, 13
- E**
 - efecto muelle, 52–53
 - elasticidad residual, 5
 - elastómeros
 - en sistemas de vacío, 142
 - juntas tóricas, 103
 - servicio criogénico, 147
 - elementos, tabla de los, 271–273
 - elongación, 53–54
 - empuje, 6
 - EN 1057, 219
 - enderezado, técnicas de, 45–47
 - endurecimiento, 59
 - endurecimiento superficial, 13
 - de la férula trasera, 10
 - ensayos de ciclos térmicos, 189
 - erosión del vapor, 130, 190
 - espectrómetro de masa, detectores de fugas con helio, 180, 181
 - espesor de pared, 21–22, 151
 - acción compensada, 6
 - aleación 825, 24
 - ASTM, 211
 - ASW, 159
 - doblado de tubo, 59
 - efecto muelle, 52
 - en sistemas de gas a alta presión, 128
 - en tamaños fraccionales, 278–279
 - en tamaños métricos, 280–282
 - férulas, 18
 - fluidos de transferencia de calor, 140
 - ID, 278
 - integridad del cierre, 190
 - MHSU, 90
 - OD, 278
 - presión de servicio de conexiones roscadas, 221
 - presión de servicio, 210–211
 - PSW, 160
 - rendimiento, 11
 - servicio a temperaturas elevadas, 146
 - servicio de gas, 19, 129, 212, 213
 - tabla de calibres de alambre

Birmingham, 264
 tolerancias, 13
 traceados, 131
 tubo de cobre, 29
 vapor, 131
 ETB. Vea Dobladora de tubo eléctrica (ETB)
 extrapolación, en pruebas de rendimiento, 175–176

F

factor de seguridad alto, sistemas con, 126–129
 Fahrenheit, tabla de conversión de temperatura, 277
 ferrítica, aleación de acero, 28, 32
 férulas. Vea también férula trasera; férula delantera
 conexión final con férula mecanizada, 95–96
 desmontaje/reutilización, 144
 en servicio de gas, 19
 espesor de pared, 18
 prueba de, 183
 herramientas de predeformación, 86–88
 recubiertas de plata, 8, 129, 141, 142
 férula delantera, 3, 4, 5, 6
 acciones de cierre, 11
 en sistemas de vacío, 141
 en sistemas ultra puros, 141
 recubrimiento de plata, 8
 férula trasera
 acción compensada, 6
 acción de collarín de sujeción, 4, 10–11
 acción de flexión con collarín de sujeción, 4, 10–11
 acciones de cierre, 11
 cierre en servicio de gas, 6
 de acero inoxidable 316, 8
 en sistemas ultra puros, 141
 endurecimiento superficial normalizado, 10, 74
 férula delantera, 2, 3, 4
 función de sujeción, 11

 recubrimiento de plata, 8
 resistencia a la vibración, 5
 férulas recubiertas de plata, 8, 129, 141, 142
 filtros, para purgadores de vapor, 136
 FK, serie, 103–104
 FKM, junta tórica, 102, 103
 flancos, de hilos de roscas, 194
 forzar tubo a entrar en el racor, 18
 fosfina, 130
 fraccionales, tamaños, 213
 conversión, 276
 de espesor de pared, 278–279
 del acero inoxidable sin soldadura, 214
 del tubo de acero inoxidable soldado, 214–215
 en superficie de sección transversal del ID, 278–279
 para roscas paralelas, 200
 servicio de gas, 19, 128
 tamaños métricos, 276
 tubo de cobre, 218
 fugas
 causas, 224
 costes, 223–232
 en los cierres, 229
 en sistemas ultra limpios, 141
 fórmula, 228
 gestión de la energía, 230–232
 por alojamiento, 116
 por tubo dañado, 35
 PVC, 27
 fuga capilar. Vea fuga real
 fuga mecánica. Vea fuga real
 fuga real, 225
 fuga verdadera. Vea fuga real
 fuga, caudal de, 224, 228–229
 Ultra-Torr, 165
 fugas en junta abocardada, 152
 fugas reales hacia el exterior, 225
 fugas reales hacia el interior, 225
 fugas reales internas, 225
 fugas virtuales, 226
 fugas, detectores de
 agua con jabón, 227
 helio, 142, 179, 181, 227

Snoop, 137, 180, 227–228
 fugas, pruebas de, 137, 165, 174,
 224–228
 gas, 180–181

G

galga de inspección de montaje,
 12–14, 81–83
 apriete, 14, 125
 garantía de calidad, 12
 para servicio de gas a alta presión,
 129
 seguridad, 75
 utilización, 127
 galgable, cuerpo, 12
 garantía, 91
 garantía de calidad, 12, 179
 gas, cálculos para sistemas de,
 235–258
 gas, cierre en servicio de, 5–6
 gas, servicio de
 espesor de pared para, 19, 129,
 212, 213
 presión de servicio para, 212–221
 tubo para, 19, 128, 213
 gases comprimidos, 129–130
 gases corrosivos, 129
 gases explosivos, 130
 gases inertes, 129
 gases inflamables, 129, 130
 gases oxidantes, 129
 gases tóxicos, 130
 gases, peso específico, 270
 gestión de la energía, 230–231
 Goop, 106
 gripado, 141–143
 de roscas cónicas, 196
 en NPTF, 198
 localización y solución de
 problemas, 151, 155
 pruebas de desmontaje/
 reutilización, 183
 roscas de la tuerca recubierta de
 plata, 11
 Silver Goop, 155
 SWAK, 111

GTAW. Vea soldadura con arco de
 tungsteno y gas

H

halógenos, lámpara de, 180
 haluros, 134
 HC. Vea conector para manguera
 helio, 19, 129, 182
 herramienta de predeformación
 galgable. Vea galga de inspección
 de montaje
 herramienta de ranuración de tubo,
 167
 herramientas de configuración del
 sistema
 conexión final con férula
 mecanizada, 95–96
 conexión final mediante
 adaptadores a tubo, 99–100
 herramientas de predeformación,
 86–88, 152
 herramientas para refrentar tubo,
 72–73
 hidráulica, deformación, 88–90
 hidrógeno, 19, 129
 hornos de vacío, 142
 HP. Vea alta presión
 HTB. Vea dobladora de tubo manual

I

ID. Vea diámetro interior
 impactos, 144, 187
 impactos, 144–145, 169, 187, 190
 impactos, sujeción adecuada para, 38
 Informes de ensayo de producto
 (PTR), 143, 181, 182, 184, 185,
 186, 187, 188, 189, 190
 inicio de la rosca, 113, 117
 intercambiador de calor, unión te
 para, 9
 IPT, serie, 104–109
 ISO 228/1 (British Standard Pipe
 Parallel), 201–202
 ISO 261. Vea roscas métricas
 ISO 68-1, 202
 ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper),
 108–109, 198–199

J

- JIS B0202, 201, 202
- JIS B0203, 199
- JIS B0205, 202
- JTC. Vea Conector para tubo
 encamisado
- junta de cierre, 204
- junta plana metálica, 203
- juntas tóricas
 - Buna N, 103
 - desbarbar el tubo, 70
 - desventajas, 103
 - en accesorios Ultra-Torr para
 vacío, 165
 - en JTC, 168
 - en roscas de paso unificado, 205
 - ISO 228/1, 202
 - para conectores de cierre con,
 103
 - para racores rectos, 103
 - roscas métricas, 208
 - tabla de dimensiones, 265
 - VCO, accesorios de cierre frontal
 con junta tórica, 164–165

L

- La Garantía Limitada Vitalicia
 Swagelok, 91
- laboratorios de ensayos
 independientes, 175
- latón
 - coeficiente de dilatación, 143
 - con tubo de acero inoxidable, 18
 - con tubo de cobre, 29–30
 - corrosión, 284–297
 - en traceado, 138
 - normativas, 7
- lazos de dilatación para tubo de
 traceado, 135
- límite de aceptación de calidad (AQL
 por sus siglas en inglés), 12
- limpieza, 141
 - apriete, 154
 - localización y solución de
 problemas, 151, 155
 - servicio crítico, 129

- líneas de proceso
 - en traceado, 132, 133–134
 - en traceado múltiple, 134–135
- líquidos, cálculos de caudal de,
 234–235
- líquidos, peso específico, 269
- localización y solución de problemas,
 149–155
 - espesor de pared, 151
 - gripado, 151, 155
 - mezcla/intercambio, 151
 - PTFE, 154
- lubricantes
 - disulfuro de tungsteno, 8
 - Goop, 106
 - gripado, 155
 - localización y solución de
 problemas, 151
 - para sistemas de vacío, 141, 143
 - Silver Goop, 131, 155
 - SWAK, 110, 151, 197, 222
- lubricante con base fluorada con
 PTFE, 8
- lubricante de disulfuro de tungsteno, 8
- lubricante de roscas para alta
 temperatura, Silver Goop, 131, 155

M

- M200, unidad de potencia del sistema
 de soldadura, 163
- manguera con malla, 18
- manguitos de refuerzo interior
 - dentados, 26, 166
 - para PVC, 18, 166
 - para Tygon, 18
 - polietileno, 153
 - seguridad, 125
 - uniones abocardadas, 152
- manguitos de refuerzo interior
 dentados, 26
- manifolds, 135
- máquina de enderezar tubo de cinco
 rodillos, 47
- marca de referencia, para doblado de
 tubo, 54, 55
- marcas de doblado, 54, 55
- marcas direccionales, 55

- materiales, 7, 21–27. Vea también
 - materiales específicos
 - acción compensada, 6
 - de los racores taladrados, 10
 - efecto muelle, 52
 - fluidos de transferencia de calor, 140
 - gases corrosivos, 129
 - pruebas de rendimiento, 177
 - seguridad, 125
 - servicio a temperaturas elevadas, 145
 - vapor, 131
 - máxima presión admisible, 211
 - media presión (MP)
 - cono y rosca (C&T), 167
 - FK, serie, 103–104
 - IPT, serie, 104–109
 - metales líquidos, 189
 - metano, 129
 - método de medición desde la curva, 56–58
 - métricos, tamaños, 74–75
 - conversión, 276
 - de espesor de pared, 280–282
 - del OD, pared, superficie de sección transversal del ID, 280–282
 - del tubo de acero inoxidable sin soldadura, 216–217
 - para roscas paralelas, 200
 - servicio de gas, tablas, 213
 - tamaños fraccionales, 276
 - tubo de cobre, 219
 - mezcla/intercambio, 15, 91
 - cierre sin fugas, 91
 - localización y solución de problemas, 151–154
 - pruebas de rendimiento, 191
 - seguridad, 125
 - MHSU. Vea unidad hidráulica de deformación con matrices intercambiables
 - Micro-Fit (soldadura de tubo a tope en miniatura), 72, 161, 162
 - MP. Vea media presión
 - MPW. Vea soldadura de tubería a tubo
 - MS, codos orientables con rosca paralela, 103
 - MS, puertos con rosca paralela, 101–102
 - MS, tes orientables con rosca paralela, 103
 - MTW. Vea soldadura de tubo a tubo
 - muestreo estadístico para pruebas de rendimiento, 175
- N**
- N Stamp, Programa de ASME, 12
 - National Pipe Tapered (NPT), 108–109, 196
 - National Pipe Tapered Dryseal (NPTF), 198
 - neopreno, corrosión del, 284–297
 - níquel, aleaciones, 11, 31, 32
 - herramienta para refrentar tubo, 72
 - NPTF, 198
 - nitrógeno, 19
 - NPT. Vea National Pipe Tapered
 - NPTF. Vea National Pipe Tapered Dryseal
- O**
- OD. Vea diámetro exterior
 - orificio de fuga. Vea fuga real
 - ovalidad
 - al seleccionar tubo de calidad, 21–22
 - ASTM A269, 21
 - seguridad, 126
 - tolerancias, 13
 - del acero inoxidable austenítico, 23, 215
 - oxidantes, 111
- P**
- par de apriete, 11, 102, 107, 115, 121, 186, 194
 - paso de rosca, 194
 - ISO 7/1, 198
 - roscas cónicas, 198
 - roscas de paso unificado, 200
 - roscas métricas, 207

- pedidos, 23–27
 - de acero inoxidable, 215, 217
 - de plástico, 24–27
 - de tubo de cobre, 218, 219
 - especificaciones, 18–32
 - requisitos del pedido de compra, 22–23
- pedidos de compra, 22–23
- permeabilidad, 226
- peso específico
 - de los gases, 270
 - de los líquidos, 269
 - del agua, 268
- PFA, 7, 26, 154, 167
 - corrosión, 284–297
- placas orificio, 171
- plásticos, 25–27, 166–167. *Vea*
 - también cada plástico específico
 - en sistemas de vacío, 142
 - servicio criogénico, 146
- polietileno, 25, 153, 167
 - corrosión, 284–297
- polipropileno, 25–26, 167
- presión de rotura
 - polietileno, 25
 - polipropileno, 25
 - pruebas hidráulicas de, 187–188
- presión de servicio
 - a temperaturas elevadas, 221
 - C&T, 167
 - del tubo de acero inoxidable sin soldadura, 214–217
 - del tubo de acero inoxidable soldado, 214–217
 - para PFA, 26, 167
 - polietileno, 25
 - polipropileno, 25–26
 - pruebas de impactos hidráulicos, 187
 - pruebas de rotura hidráulica, 188
 - PVC blando, 166
 - rendimiento, 11
 - tubo de cobre, 218
- presión de servicio de conexiones
 - roscadas, 221–222
- presión diferencial, prueba de
 - rendimiento, 174
- presión, amortiguación de la, 169. *Vea*
 - también accesorios protectores
- presión, caída de, 235–247
 - en tubo de 1 1/2 pulg. OD, 246, 256
 - en tubo de 1 1/4 pulg. OD, 245, 255
 - en tubo de 1 pulg. OD, 244, 254
 - en tubo de 1/2 pulg. OD, 242, 252
 - en tubo de 1/4 pulg. OD, 240, 250
 - en tubo de 1/8 pulg. OD, 239, 249
 - en tubo de 2 pulg. OD, 247, 257
 - en tubo de 3/4 pulg. OD, 243, 253
 - en tubo de 3/8 pulg. OD, 241, 251
- presión, ciclos de, 144
- presión, conversiones de, 259, 260
- protectores para manómetros. *Vea*
 - accesorios protectores
- pruebas de fugas con gas, 179–181
- pruebas de impactos hidráulicos, 187
- pruebas de rendimiento, 173–191
 - codos, 178
 - condiciones de campo simuladas, 176
 - configuraciones de, 177–178
 - control de calidad, 179
 - cruces, 178
 - del acero inoxidable soldado, 176
 - desmontaje/reutilización, 182–184
 - diferencial de presión, 174
 - ensayos de ciclos térmicos, 189
 - extrapolación, 175–176
 - fiabilidad operativa, 174
 - implementación de, 179–191
 - laboratorios de ensayos independientes, 175
 - materiales, 177
 - para contaminación medioambiental, 174
 - para mezcla/intercambio, 191
 - planificación, 174–179
 - pruebas de fugas con gas,

- 179–181
 - pruebas de fugas, 174
 - pruebas de impactos hidráulicos, 187
 - pruebas de resistencia a la tracción, 186
 - pruebas de rotación, 186
 - pruebas de rotura hidráulica, 187–189
 - pruebas de vibración con rotación y flexión, 184–185
 - tes, 178
 - tubo de acero inoxidable sin soldadura, 176–177
 - vacío, pruebas de, 181–182
 - validez estadística, 175
 - pruebas de resistencia a la tracción, 186
 - pruebas de rotación, 186
 - pruebas de rotura hidráulica, 187–188
 - pruebas de vibración con rotación y flexión, 184–185
 - PSW. Vea accesorios para soldadura de tubería por encastre
 - PTFE, 26, 142
 - con base fluorada, 8
 - con polietileno, 153
 - corrosión, 284–297
 - en sistemas de vacío, 142
 - localización y solución de problemas, 154
 - normativas, 7
 - permeabilidad, 226
 - racores especiales para, 167
 - PTR. Vea Informes de ensayos de producto
 - purgadores de vapor, 136–137, 140
 - purgar el sistema, 75, 125
 - PVC blando, 26–27, 166
 - PVC, 18, 26–27, 166
- R**
- racores con amarre, 171
 - racores galgables para cromatografía y finales de columna, 170
 - racores taladrados, 8–10
 - radio de doblado, 50
 - BTTB, 66
 - efecto muelle, 52
 - longitud mínima de tramo recto, 65
 - Micro-Fit, 162
 - radio. Vea radio de doblado
 - reductores, 9, 75, 125
 - rejilla plana, método, 140
 - resistencia a la tracción en servicio a temperaturas
 - elevadas, 145–146
 - reutilización. Vea desmontaje/reutilización
 - roscas, 193–208. Vea también los tipos específicos
 - ángulo, 194
 - cresta, 194
 - en NPTF, 198
 - flanco, 194
 - ISO 228/1, 201
 - ISO 7/1, 198
 - paso de, 194
 - presión de servicio de conexiones
 - roscadas, 221
 - roscas cónicas, 198
 - roscas cónicas, 198
 - roscas de paso unificado, 200, 204
 - roscas de paso unificado, 200–201, 203–204
 - roscas métricas, 207
 - roscas paralelas métricas, 202
 - roscas paralelas, 200
 - valles, 194
 - roscas cónicas de tubería, 196–199
 - cinta de PTFE, 222
 - cono y rosca (OD), 198
 - gripado, 196
 - sellante para roscas cónicas
 - SWAK, 222
 - sellantes para roscas, 125, 196, 222
 - tolerancias, 196
 - roscas de paso unificado, 200–201, 204–208

roscas de tubería, 196–208. Vea también roscas cónicas
 localización y solución de problemas, 151
 paralelas, 200–208
 sellantes para, 107
 roscas métricas (ISO 261), 202–204, 207–208
 roscas paralelas, 200
 roscas paralelas, 200–208
 ISO 228/1, 201–202
 sellantes para, 202
 tamaños fraccionales, 200
 tamaños métricos, 200, 202–204
 rotuladores, 79
 RT, 108–109, 198
 RTJ, 172
 RTJ. Vea RTJ

S

SAE, codos orientables con rosca paralela, 103
 SAE, puertos con rosca paralela, 101–102
 SAE, tes orientables con rosca paralela, 103
 SAE J1926/1, 206
 SAE J524b, 29
 saliente de la rosca interna SAE/MS paralela, 205
 SAT 12, 13
 Segundos de viscosidad Saybolt (SUS), 169
 seguridad, 75–77
 en racores con amarre, 171
 en servicio crítico, 125–126
 sellantes para roscas, 107, 109–121
 instalación con, 111–121
 localización y solución de problemas, 151
 para roscas cónicas, 125, 196, 222
 para roscas paralelas, 202
 para servicio a alta temperatura, 155
 seguridad, 125

SWAK, 110, 111, 116, 151, 197, 222
 sellantes para roscas, 107, 109–121
 servicio a temperaturas elevadas, 145–146, 155, 220–221
 servicio crítico, 123–147
 desmontaje/reutilización para, 144
 DMT y, 127–129
 fluidos de transferencia de calor para, 140
 gases comprimidos, 129–130
 impactos en, 144–145
 pruebas de fugas para, 137
 pulsos en, 144
 resistencia a la vibración en, 143
 seguridad, 125–126
 servicio criogénico, 146–147
 sistemas de vacío en, 141–143
 sistemas ultra limpios en, 141
 temperaturas elevadas en, 145–146
 trazo en, 131–137
 vapor en, 130–131
 sierra, 69–70, 150
 simulación espacial, 189
 sistemas ultra limpios, 141
 sodadura, sistema de, 163
 soldadura
 accesorios especiales para, 158–162
 al seleccionar tubo de calidad, 22
 en sistemas de vacío, 142
 OD, 22
 uniones abocardadas, 152
 soldadura con arco de tungsteno y gas (GTAW), 163
 soldadura de tubería a tubo (MPW), 160
 soldadura de tubo a tubo (MTW), 161
 sonda para prueba de fugas, 180
 Squiglia, N. L., 12
 sujeción del tubo, 4–5
 sujeción y cierre secuencial, 10
 sujeción, acción de, férulas, 11
 superficie, conversiones, 275
 SUS. Vea Segundos de viscosidad Saybolt

SWAK, sellante para roscas cónicas,
110, 111, 116, 151, 197, 222

T

tabla de conversión de temperatura
Celsius, 277

tabla de los elementos, 271–273

TBW. Vea accesorios para soldadura
automática de tubo a tope

temperatura

accesorios de cierre frontal con

junta tórica VCO, 164

caída de presión, 249

ciclos, 145, 153

cierres, 190

cobre, 153

fórmulas de conversión, 277

gases inflamables, 129

peso específico, 268

PFA, 26

polipropileno, 26

racores taladrados, 10

servicio a temperaturas elevadas,
145–146, 155, 220–221

traceados, 135

vapor, 131

termopares, 8, 9

tes, 7, 103

intercambiador de calor, 9

pruebas de desmontaje/

reutilización, 182

pruebas de rendimiento, 178

unión, 159, 162

Therminol, 131

TIG. Vea arco de tungsteno y gas
inerte

titanio, 7, 8, 24, 31, 72, 147

corrosión, 284–297

tolerancias

ángulo, 194

cresta, 194

en NPTF, 198

flanco, 194

ISO 228/1, 201

ISO 7/1, 198

paso de, 194

presión de servicio de conexiones
roscadas, 221

roscas cónicas, 198

roscas cónicas, 198

roscas de paso unificado, 200,
204

roscas de paso unificado,
200–201, 203–204

roscas métricas, 207

roscas paralelas métricas, 202

roscas paralelas, 200

valles, 194

traceado

acero inoxidable, 134

aislamiento, 134, 138

criterios de selección, 135–136

en líneas de proceso, 132,
133–134

en servicio crítico, 131–137

espesor de pared, 131

latón, 138

lazos de dilatación, 135

para equipos de proceso,
138–140

recocido, 131

tubo de cobre, 138

vapor, 131

traceado con encamisado, 132

traceado con tubo externo múltiple,
132

traceado con tubo externo simple,
132

traceado de tubería de dos líneas,
132

traceado envolvente espiral, 132, 139

traceado espiral, método de
instalación envolvente, 139

traceado horizontal, 132, 133–134

traceado vertical, 132

tramo de tubo recto, longitud mínima,
63–66

tramo de tubo recto, marca, 63

TSW. Vea accesorios para soldadura
de tubo por encastre

tubo. Vea también propiedades
específicas, procesos y tipos

conexiones pasamuros, 101–103

desbarbado, 70–72, 129, 130, 150
 efecto muelle, 52–53
 elongación, 53–54
 enderezado, 45–47
 fugas en el, 224
 impactos en, 144–145
 instalación, 33–118
 manejo, 35
 normativas, 27–32
 preparación, 67–72
 pulsos en, 144
 selección y especificación, 20–22
 servicio de gas, 19, 128, 213
 tamaños fraccionales, 213
 tamaños métricos, 213
 técnicas de enderezado, 45–47
 tolerancias del OD, 217
 trazado del sistema, 36–42
 ventajas frente a la tubería, 42–44
 tubo con varias paredes, 18
 tubo de PVC blando reforzado, 26–27
 tubo de vidrio, 154
 tubo laminado, 18
 tubo manguito conector, 97–99
 Tygon, 18, 166

U

ultra alta pureza, sistemas, 161, 162, 164
 Ultra-Torr, accesorios para vacío, 142, 154, 165
 Unidad hidráulica de deformación actuada neumáticamente (AHSU), 88
 unidad hidráulica de deformación con matrices intercambiables (MHSU), 10, 89–90, 152
 unión en te, 159, 162
 uniones, pruebas de desmontaje/reutilización, 182
 UNS N06219, 32
 UNS N06625, 32
 UNS N06852, 32
 UNS N08825, 32

V

Vac-Goop, lubricante, 143
 vacío, sin fugas, 165
 vacío, sistemas de, 141–143
 vacío, pruebas de, 181–182
 válvulas, asientos, 70, 225
 valles, de hilos de roscas, 194
 en NPTF, 198
 ISO 228/1, 201
 ISO 7/1, 198
 roscas de paso unificado, 200, 204
 roscas métricas, 207
 roscas paralelas métricas, 202
 roscas paralelas, 200
 vapor
 apriete, 190
 ciclos térmicos, ensayos, 189
 corrosión por, 130, 190
 en servicio crítico, 130–131
 en sistemas de gas a alta presión, 130–131
 propiedades, 266–267
 trazado con, 131
 vapor saturado, propiedades, 266–267
 VAR, refundido al arco en, vacío, 161
 VAR. Vea VAR, refundido al arco en vacío
 VCO, accesorios de cierre frontal con junta tórica, 164–165
 VCO, accesorios, 129, 142
 VCR, accesorios de cierre frontal con junta plana metálica, 164
 VCR, accesorios, 129, 142
 velocidad media del aire, ID, 248
 vibración, resistencia a la, 5, 103, 143, 167, 184–185
 viscosidad absoluta, 228
 volumen, conversiones, 274

Z

Zero Acceptance Number Sampling Plans (Squiglia), 12

