

JUNTAS industriales

José Carlos Veiga

 3ª edición

©José Carlos Veiga, 2022

Derechos Reservados a: José Carlos Carvalho Veiga
Av. Martin Luther King Jr., 8939 21530-012 Rio de Janeiro - Brasil

Fundación Biblioteca Nacional - Ministerio de Cultura
Revisado por
Francisco Duque

Tapa
Marketing - TEADIT®



El Ing. José Carlos Veiga es ingeniero mecánico, se recibió en la Universidad Pontificia Católica de Rio de Janeiro, Brasil. Es director técnico del Grupo Teadit, empresa líder en sellado y aislamiento térmico. Actúa en diversos comités de sellado en importantes entidades internacionales que reúnen los mayores fabricantes mundiales de material para sellado industrial, donde su participación lo destina como el importante experto del tema que reconocidamente es.

Dedico esta Tercera Edición a mis nietos Benjamin y Marina.

Veiga, José Carlos
Juntas Industriales/ José Carlos Veiga – 3ª Edición – Rio de Janeiro, Brasil
Junio, 2022. Teadit Industria y Comercio

Datos bibliográficos del autor
Bibliografía.
Ebook publicado con apoyo de Teadit Industria y Comercio Ltda.
1. Juntas (Ingeniería). 2. Juntas Industriales (Mecánica) I Título

Conocí a Veiga 1978, recién llegado de los Estados Unidos, donde acababa de graduarme en Administración y de hacer una pasantía en la Universidad Johns Manville, en aquellos años una de las mayores empresas en el rubro de sellado industrial. Yo estaba empezando mi carrera en el negocio familiar, justo en los años de oro del milagro brasileño. Estábamos creciendo y buscando nuevos productos para comercializar, junto a las Láminas Comprimidas y Empaquetaduras, la base de nuestro negocio en ese entonces.

Habíamos comprado una pequeña fábrica de juntas metálicas, ubicada en un “patrio trasero” en el barrio de Tatuapé, en la ciudad de San Pablo y queríamos mudar las instalaciones para Campinas con el fin de expandir la capacidad de producción. En este proceso de reorganización, queríamos también imprimir un manejo más técnico y profesionalizado del que estaba siendo realizado por los fundadores y estábamos reclutando un gerente para “Asa” (nombre de la empresa en la época, hoy Teadit Juntas). Apareció para la entrevista un ingeniero de Xerox que, a pesar de su apariencia joven, tenía una postura calma y segura, respondiendo a las preguntas de forma sencilla y clara, que nos transmitía competencia e inspiraba confianza inmediatamente.

Ciertamente, él no imaginaba que estaba iniciando un largo camino que lo llevaría a transformarse en uno de los mayores expertos mundiales en Sellado estático y dinámico.

Veiga fue construyendo y acumulando experiencia y conocimientos de forma completa y orgánica, comenzando por la gestión de la instalación de la fábrica de juntas en Campinas, acumulando posteriormente la Gerencia General de esa misma fábrica y finalmente asumiendo la Directoría Técnica del Grupo Teadit con responsabilidad por el desarrollo de productos, procesos y soporte técnico a las ventas. Recordando algunos de los desafíos que ha enfrentado Veiga a lo largo de su carrera, fue suyo el esfuerzo inicial de desarrollar equipos y herramientas especializados para juntas de sellado, seguido del aumento de la capacidad y productividad que fueron necesarios para cumplir con los clientes del exterior; en los años 80 un importante proyecto de adquisición y absorción de tecnología para fabricación de Juntas de Expansión metálicas y no metálicas y en los años 90, con la evolución de las necesidades de los grandes clientes, el desarrollo de equipos portátiles, lo que permitió actuar con puestos de servicio en los paros de mantenimiento.

Esta variada experiencia que pasa por la fabricación, gestión de negocios y de clientes, y finalmente el desarrollo de tecnología de la a él una perspectiva única y una voz de autoridad en el rubro de las juntas industriales.

Prueba de ello son los numerosos artículos publicados y documentos técnicos escritos por él o en colaboración de él con destacados profesionales técnicos de importantes industrias de refinería y petroquímica, brasileras e internacionales; en diversos momentos perteneció al Consejo de la FSA y ha participado de varios comités y conferencias de respetadas entidades internacionales como ASME, PVRC, etc.

Los conocimientos y experiencia de Veiga se distinguen en esta 3ª edición del libro “Juntas Industriales” en lengua española que, con seguridad, contribuirá con la mejora de los nuevos (y los no tan nuevos) técnicos que actúan en esta área y los anima en el uso de las mejores prácticas de diseño y mantenimiento de plantas industriales.

Yo personalmente y sus compañeros de Teadit tenemos enorme orgullo de haber compartido una historia de resultados exitosos (y también fracasos, que son la mejor fuente de conocimiento!) con este gran profesional, y esperamos que nuestra colaboración siga resultando en excelentes cosechas en los próximos años.

Marcello Cattaneo Adorno - CEO Grupo Teadit

Prefacio

La idea de esta publicación surgió, por casualidad, al final de una exposición técnica que estábamos ministrando a un cliente, cuando uno de los participantes nos preguntó por qué no recolectábamos toda la información y los ejemplos que habíamos presentado en un libro, puesto que él no había conseguido encontrar ningún material de investigación publicado sobre el tema.

Decidimos entonces compilar y ordenar todos los conocimientos que nuestro cuerpo técnico tenía en su poder, gracias al resultado de las aplicaciones de nuestros productos en los clientes y del análisis técnico de los datos de laboratorio de nuestra Ingeniería de Aplicaciones, estableciendo así una correlación precisa entre teoría y práctica.

Examinamos también la evolución de la tecnología de sellado de fluidos en condiciones privilegiadas del fabricante, con más de 50 años de presencia en ese mercado y miembro activo de las principales organizaciones mundiales del sector (European Sealing Association, ASTM, EJMA entre otras), combinando de esta forma la experiencia del pasado con los datos y las tendencias actuales.

Intentamos transmitir con este libro nuestra visión técnica comprometida con la búsqueda constante de innovación, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, en busca de las mejores soluciones para las necesidades de sellado de nuestros clientes, que, a los largo de estos años, nos brindaron su preferencia.

Estamos, hoy, en la tercera edición de este libro, revisada y ampliada desde la original de mayo de 1989, añadiendo los nuevos productos desarrollados y las sugerencias recibidas de muchos lectores que, con su apoyo y aprecio, nos estimularon y colaboraron a proceder con las actualizaciones necesarias.

Los temas contenidos en este libro fueron dispuestos de manera tal, que puedan facilitar la consulta, creando un conjunto de informaciones que pueda ser útil a los técnicos de la industria en general, oficinas e institutos de ingeniería, universidades y otros, en el intento de responder la mayoría de las situaciones que ocurren a diario.

Agradecemos las innumerables manifestaciones de apoyo y reconocimiento que hemos recibido por este trabajo que escapa un poco del alcance de nuestra actividad diaria pero que representa nuestro conocimiento y nuestra contribución para una mejor comprensión del uso de las juntas para sellado industrial en un compendio práctico y de fácil consulta (¡así lo esperamos!)

Grupo TEADIT

INDICE

Capítulo 1 – Introducción11

Capítulo 2 – Proyecto.....13

1. Pérdidas.....	13
2. Sellado.....	14
3. Fuerzas en una Unión Bridada.....	14
4. Procedimiento ASME.....	15
5. Fuerza Máxima de Aplastamiento.....	19
6. Relajamiento.....	20
7. Tensión Mínima de Operación de la Junta.....	22
8. Determinación de la Fuerza de Instalación.....	22
9. Ejemplo de Cálculo e Instalación Por Los Procedimientos ASME Y PCC-1.....	25
10. Acabado Superficial.....	29
11. Tipos de Superficies de Sellado de Las Bridas.....	31
12. Nuevas Constantes de Juntas.....	34
13. Emisiones Fugitivas.....	38

Capítulo 3 – Materiales para Juntas No Metálicas.....41

1. Criterios de Selección.....	41
2. Presión y Temperatura de Servicio.....	42
3. Láminas Comprimidas.....	42
4. Politetrafluoroetileno (PTFE).....	42
5. Grafito Flexible – Graflex®.....	42
6. Elastómeros.....	46
7. Fibra Celulosa.....	48
8. Corcho.....	48
9. Tejidos y Cintas.....	48
10. Fibra Cerámica.....	49
11. Beater Addition.....	49

Capítulo 4 – Juntas en Láminas Comprimidas.....53

1.	Láminas Comprimidas Teadit.....	53
2.	Composición y Características.....	53
3.	Características Físicas.....	55
4.	Proyecto de Juntas con Láminas Comprimidas	59
5.	Juntas de Grandes Dimensiones.....	62
6.	Espesor y Ancho	64
7.	Fuerza de Apriete en los Pernos.....	64
8.	Agentes Fijadores	65
9.	Acabado de las Superficies de Sellado de las Bridas	65
10.	Almacenamiento	66
11.	Refuerzo Metálico.....	66
12.	Láminas Comprimidas Teadit.....	66

Capítulo 5 – Juntas de PTFE95

1.	Politetrafluoroetileno - PTFE.....	95
2.	Tipos de Placas de PTFE	95
3.	Tealon – Placas de PTFE Laminado (rPTFE)	96
4.	Teadit® PL100 - Placas de PTFE Laminado	104
5.	PTFE Expandido (ePTFE) Teadit®.....	106
6.	Juntas en Espiral PTFE con Tecnología Origin®	115
7.	Juntas Tipo 933 con Película de PTFE	117

Capítulo 6 – Materiales para Juntas Metálicas.....135

1.	Consideraciones Iniciales.....	135
2.	Acero Carbono	136
3.	Acero Inoxidable AISI 304.....	136
4.	Acero Inoxidable AISI 304L.....	136
5.	Acero Inoxidable AISI 316.....	136
6.	Acero Inoxidable AISI 316L.....	136
7.	Acero Inoxidable AISI 321	136
8.	Acero Inoxidable AISI 347.....	137
9.	Monel.....	137
10.	Níquel 200.....	137
11.	Cobre.....	137
12.	Aluminio	137
13.	Inconel.....	137
14.	Titanio	137

Capítulo 7 – Juntas Metalflex®147

1. ¿Qué es una junta Metalflex®?	147
2. Materiales	148
3. Densidad	150
4. Dimensionamiento	152
5. Espesor	153
6. Limitaciones Dimensionales y de Espesor	153
7. Tolerancias de Fabricación	154
8. Acabado de las Superficies de Sellado	154
9. Valores para Cálculo Código ASME y Apéndice- PCC1	155
10. Tipos	155
11. Juntas Tipo 911	155
12. Juntas Tipo 913	157
13. Pruebas de Desempeño	160
14. Otras Normas	161
15. Dimensionamiento de las Juntas Tipo 913-M Especiales	161
16. Tipo 913M - XHR	163
17. Tipo Echelon® HF	164
18. Juntas Tipo 914	164

Capítulo 8 – Juntas Metalbest®181

1. ¿Qué es una junta Metalbest®?	181
2. Metales	182
3. Relleno	182
4. Dimensionamiento	182
5. Principales Tipos y Aplicaciones	182
6. Juntas para Intercambiadores de Calor	185
7. Juntas Tipo 927 para Intercambiadores de Calor	192
8. Dilatación Diferencial	192
9. Valores Para el Cálculo	194

Capítulo 9 – Juntas Tipo Anillo Metálico197

1. Definición	197
2. Juntas Metálicas Planas	197
3. Materiales	198
4. Acabado de la Superficie de Sellado	198
5. Tipos de Juntas Metálicas Planas	198
6. Ring-Joints	202

Capítulo 10 – Juntas Camprofile.....219

1.	Introducción	219
2.	Materiales	222
3.	Límites de Operación	223
4.	Cálculo del Torque	223
5.	Acabado Superficial.....	224
6.	Dimensionamiento	224
7.	Formatos	225
8.	Juntas Camprofile Tipo 946 para Bridas ASME B16.5	225

Capítulo 11 – Juntas para Aislamiento Eléctrico229

1.	Corrosión Electroquímica	229
2.	Protección Catódica	231
3.	Sistema de Aislamiento de Bridas.....	231
4.	Juntas Aislantes Tipo Electron® GS	233
5.	Juntas Aislantes Tipo Electron® CS	234
6.	Juntas Aislantes Tipo Electron® SCS	235
7.	Juntas Aislantes Tipo Electron® FSS.....	236

Capítulo 12 – Instalación239

1.	La Importancia de la Instalación	239
2.	Bulones y Pernos.....	240
3.	Tuercas	242
4.	Arandelas	242
5.	Fricción y Lubricantes	242
6.	Herramientas para La Aplicación del Apriete	244
7.	Cálculo del Torque de Ajuste de los Pernos.....	247
8.	Planicidad y Defectos de Superficie de Sellado entre Bridas	248
9.	Procedimiento de Instalación	251
10.	Reapriete en la Partida	252
11.	Dispersión del Apriete.....	252
12.	Causas de Pérdidas.....	253
13.	Carga Constante	260

Capítulo 13 – Factores de Conversión.....273

Capítulo 14 – Referencias.....275

INTRODUCCIÓN

Este libro fue elaborado para permitir un mejor proyecto de aplicación de juntas industriales. El éxito en varios países, lo tornó una referencia para quien trabaja con Juntas Industriales. Esta Tercera Edición, revisada y ampliada, incorpora los muchos avances en la tecnología de juntas ocurridos desde la publicación de la edición anterior.

Al analizar pérdidas, que, a primera vista son causadas por deficiencia de las juntas, se verifica, después de un análisis más cuidadoso, que poca atención fue dada a detalles como:

- Proyecto de las bridas y de la junta.
- Selección correcta de los materiales de la junta.
- Procedimiento de instalación.

Los grandes problemas enfrentados por las industrias, como explosiones, incendios y polución ambiental, causados por fugas, pueden ser evitados con proyectos y aplicación correcta de las juntas. En los últimos años los límites tolerables de Emisiones Fugitivas están siendo reducidos obligando a las industrias a adoptar procedimientos de control cada vez más rigurosos.

El objetivo de este libro es ayudar a prevenir estos accidentes, propiciando un mayor conocimiento de juntas industriales.

Las condiciones existentes en las industrias fueron cuidadosamente consideradas. Materiales y tipos de juntas no disponibles o difíciles de encontrar fueron obviados, concentrándose, principalmente, en los más comunes y de mucha aplicación.

Este libro está dividido en capítulos que abarcan los siguientes temas:

- Proyecto, Nuevas Constantes y Emisiones Fugitivas.
- Materiales para Juntas No Metálicas.
- Juntas en Láminas Comprimidas.
- Juntas PTFE.
- Materiales para Juntas Metálicas.
- Juntas Metalflex®.
- Juntas Metalbest®.
- Juntas Metálicas.
- Juntas Camprofile
- Juntas Electron® para Aislamiento de Bridas.
- Instalación y Causas de Vaciamiento.
- Factores de conversión.
- Referencias

Las principales modificaciones de esta Tercera Edición son:

- Capítulo 4: introducción de nuevos estilos de láminas comprimidas.
- Capítulo 5: nuevas juntas de PTFE en espiral y nuevos productos de PTFE expandido.
- Capítulo 7: introducción de pruebas de sellabilidad y compresión para juntas Metalflex®.
- Cambios en las reglas para juntas calificados para uso con agua potable, alimentos y productos farmacéuticos (NSF y FDA).
- Capítulo 11: juntas para aislamiento eléctrico con la introducción de juntas patentadas Electron®.
- Se han agregado nuevos ejemplos de causas de fugas en el Capítulo 12.

El autor desea recibir comentarios y sugerencias, lo mismos pueden ser enviados al correo electrónico: engenhariadeprodutos@teadit.com

Los parámetros de aplicación indicados en este libro son típicos. Para cada aplicación específica se deberá realizar un estudio independiente y una evaluación de compatibilidad. Consúltenos al respecto de recomendaciones para aplicaciones específicas. Una equivocación en la selección del producto más adecuado en su aplicación puede resultar en daños materiales y/o en serios riesgos personales, siendo que Teadit no se hace responsable por el inadecuado uso de las informaciones constantes en este libro, ni por imprudencia, negligencia o impericia en su utilización, colocando sus técnicos a disposición de los consumidores para aclarar dudas y proveer adecuadas orientaciones en relación y aplicaciones específicas. Las especificaciones de este libro están sujetas a modificaciones sin preaviso, siendo que esta edición reemplaza todas las anteriores.

PROYECTO

1. PÉRDIDAS

Partiendo del principio de la inexistencia de “cero fugas”, si una junta está o no con pérdidas, depende del método de medición o del criterio usado. En ciertas aplicaciones, el índice de pérdida máximo puede ser, por ejemplo, hasta una gota de agua por segundo.

En otras, puede ser la presencia de burbujas cuando el equipo es sometido a una determinada presión. Condiciones más rigurosas pueden incluso exigir ensayos con espectómetros de masa.

En la elaboración de criterio para medir el cálculo máximo admisible se debe considerar:

- Fluido a ser sellado.
- Impacto en el medio ambiente, si el fluido escapa a la atmósfera.
- Peligro de incendio u explosión.
- Límites y Emisiones Fugitivas.
- Otros factores relevantes en cada situación.

En aplicaciones industriales, es común definir como “cero fugas” un valor menor que un límite establecido de acuerdo con las consideraciones antes mencionadas. Los ejemplos siguientes muestran algunos de esos criterios.

El Jet Propulsion Laboratory del California Institute of Technology, parte de National Aeronautics and Space Administration (NASA) [1], define como cero fugas para gases un valor menor que $1 \text{ cm}^3/\text{año}$, cuando la diferencia de presión es de una atmósfera. Como referencia podemos establecer que una gota de fluido tiene un volumen medio de $0,05 \text{ cm}^3$. Serán, por tanto, necesarias 20 gotas para hacer 1 cm^3 .

Con el advenimiento del control de Emisiones Fugitivas a través de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) [2] se estableció inicialmente el límite de 500ppm (partes por millón) como valor máximo admisible de pérdidas para bridas. Este valor está siendo cuestionado como demasiado elevado y ya existen requisitos para un valor máximo de 100 ppm [3].

En Alemania la Norma VDI 2440 [4] establece valores máximos de emisiones para las refinerías de petróleo. Para juntas el valor es de $10^{-4} \text{ mbar-l}/(\text{seg-m})$ en temperatura ambiente establecido en ensayo específico con Helio. La tasa de pérdidas es un concepto relativo, y, en situaciones críticas, debe ser establecida con criterio.

2. SELLADO

De ser económica y técnicamente viable, la fabricación de bridas con superficies planas y perfectamente lapidadas, y si lográramos mantener estas superficies en contacto permanente, no necesitaríamos de juntas. Esta imposibilidad económica y técnica es ocasionada por:

- Tamaño del tanque y/o de las bridas.
- Dificultad de mantener estas superficies extremadamente lisas durante la manipulación y/o montaje del tanque o tubería.

Para evitar esta dificultad, las juntas son utilizadas como elemento de sellado. Una junta, al ser apretada entre las superficies de las bridas rellena las imperfecciones entre ellas, proporcionando el sellado. Por lo tanto, para obtener un sellado satisfactorio, cuatro factores deben ser considerados:

- **Fuerza de aplastamiento inicial:** debemos proporcionar una forma adecuada de aplastar la junta, de modo que ella rellene las imperfecciones de las bridas. La presión mínima de aplastamiento está regulada por la ASME (American Society of Mechanical Engineers) y será mostrada a continuación en este capítulo. Esta presión de aplastamiento debe ser limitada para no destruir la junta por aplastamiento excesivo.
- **Fuerza de sellado:** debe haber una presión residual sobre la junta, de modo que se mantenga en contacto con las superficies de las bridas, evitando pérdidas.
- **Selección de los materiales:** los materiales de la junta deben resistir las presiones a las cuales la junta será sometida y al fluido sellado. La correcta selección de materiales será mostrada a lo largo de este libro.
- **Acabado superficial:** para cada tipo de junta y/o material existe un acabado recomendado para las superficies de sellado. El desconocimiento de estos valores es una de las principales causas de pérdidas.

3. FUERZAS EN UNA UNIÓN BRIDADA

La figura 2.1 muestra las principales fuerzas en una unión bridada.

- **Fuerza radial:** es originada por la presión interna y tiende a expulsar la junta.
- **Fuerza de separación:** Es también originada por la presión interna y tiende a separar las bridas. Es también denominada fuerza hidrostática.
- **Fuerza de los Pernos:** es la fuerza total ejercida por el apriete de los pernos.
- **Fuerza de Sellado:** es la fuerza que comprime las bridas contra la junta.

Inicialmente la fuerza de sellado es igual a la fuerza de los pernos, después de la presurización del sistema es igual a la fuerza de los pernos menos la fuerza de separación.

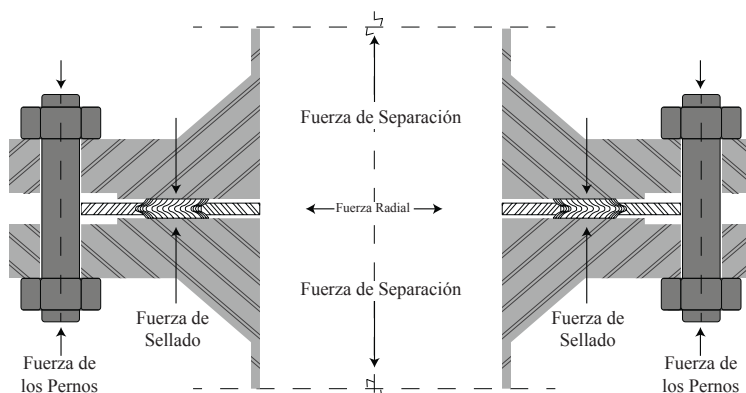


Figura 2.1

La fuerza de los pernos, aplicada inicialmente sobre la junta, además de aplastarla, debe:

- compensar la fuerza de separación causada por la presión interna.
- ser suficiente para mantener una presión residual sobre la junta, evitando pérdidas del fluido.
- Compensar la relajación de la unión bridada que ocurrirá durante el tiempo de servicio previsto.

Desde el punto de vista práctico la presión de aplastamiento de la junta debe ser “x” veces la presión del fluido, de forma que se mantenga el sellado. El valor mínimo de esta fuerza puede ser calculado por varios métodos.

El procedimiento de proyecto más usado para el cálculo de bridas y juntas es el “Appendix 2- Rules for Bolted Flange Connections with Ring Type Joints” de la ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII [5]. Sin embargo, este procedimiento no toma en cuenta diversas variables tales como la imprecisión en la aplicación de fuerza, relajación de la junta y efectos provocados por variación térmica. En paralelo con este capítulo, es recomendable que el proyectista verifique la integridad de la unión bridada a través de la metodología establecida en el Appendix O de la American Society of Mechanical Engineers (ASME) - PCC-1 - Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Assembly [6].

Estudios muestran que cuanto mayor el apriete en la junta mejor es la sellabilidad. De esta forma es recomendable que sea aplicado el mayor apriete posible.

Los métodos de cálculo usados en Europa son distintos [50, 51] del ASME y no se mostrarán en este libro debido a su poca utilización en America Latina.

4. PROCEDIMIENTO ASME

El Apéndice 2 establece los criterios para el proyecto de juntas y bridas. El proyecto de bridas no está dentro del objetivo de este libro. Para el cálculo de la junta, el procedimiento se describe a continuación. Este procedimiento no debe ser aplicado para el cálculo de apriete de bridas normadas. En este caso deben ser usados catálogos específicos que consideran otros factores conforme será mostrado a lo largo del libro.

El procedimiento recomienda valores típicos de las características de las juntas “m” e “y”. Estos valores no son obligatorios, el proyectista tiene la libertad de usar valores diferentes, siempre que los datos disponibles indiquen esta necesidad.

En el momento de la edición de este libro, los valores sugeridos en el Apéndice 2 no habían sido actualizados después de la prohibición del amianto en la mayoría de los países industrializados. Por esta razón es recomendable que el proyectista consulte al fabricante de la junta que pretende utilizar para obtener sus características.

En 2015, ASTM [67] emitió un procedimiento para determinar “m” e “y”, sin embargo, el método no ha ganado un uso generalizado porque considera una tasa de fuga permisible que no es parte de los cálculos de la Sección VIII de ASME – Boiler and Pressure Vessel Code, Apéndice 2. Por esta razón, Teadit emplea su propio procedimiento [7]. Los valores de “m” e “y” informados, en este libro, están basados en ensayos de laboratorio siguiendo este procedimiento y confirmados en aplicaciones prácticas exitosas.

El Apéndice 2, requiere que el cálculo de una unión bridada sea realizado para dos condiciones independientes: de operación y de aplastamiento.

Note: el procedimiento de cálculo mostrado a continuación debe ser usado siempre en unidades de medida inglesas (sistema imperial).

4.1. CONDICIONES OPERACIONALES

Esta condición determina una fuerza mínima, por la ecuación:

$$W_{m1} = (\pi G^2 P / 4) + (2 b \pi G m P)$$

Esta ecuación establece que la fuerza mínima de los pernos necesaria para mantener la sellabilidad en las condiciones operacionales es la suma de la fuerza de presión más una carga residual sobre la junta, que es igual a un factor “m” veces la presión interna.

O, interpretándolo de otra manera, esta ecuación establece que la fuerza mínima de los pernos debe ser tal que siempre exista una presión residual sobre la junta mayor que la presión interna del fluido. El valor de “m” es informado por el fabricante de la junta. Cuando no exista, el Código ASME sugiere valores genéricos del factor “m” para diversos tipos de juntas. En el capítulo específico de cada tipo de junta a lo largo de este libro, se muestran los valores de “m” para las juntas de fabricación Teadit.

El valor de G es el diámetro efectivo de la junta usado para calcular las fuerzas de reacción de la junta.

4.2. APLASTAMIENTO

Esta condición determina una fuerza mínima de aplastamiento de la junta sin tomar en cuenta la presión de trabajo. Esta fuerza se calcula por la fórmula:

$$W_{m2} = \pi b G y$$

donde “b” está definido como el ancho efectivo de la junta, e “y” es el valor de la presión

mínima de aplastamiento, informado por el fabricante de la junta. Cuando no exista, el Código ASME sugiere valores genéricos de “y” para diversos tipos de juntas. En el capítulo específico de cada tipo de junta a lo largo de este libro se recomiendan los valores de “y” para las juntas Teadit.

El valor de “b” se determina por:

$$b = b_0 \text{ cuando } b_0 \text{ sea igual o menor que } \frac{1}{4}''$$

$$b = 0.5 (b_0)^{0.5} \text{ cuando } b_0 \text{ sea mayor que } \frac{1}{4}''$$

El Código ASME también define como calcular los valores de G y B en función de la cara de la brida, como se muestra en la Tabla 2.1 y Figura 2.2.

4.3. ÁREA DE LOS PERNOS

La sección transversal mínima de los pernos para atender las condiciones operacionales de aplastamiento de la junta, A_m debe ser el mayor entre A_{m1} y A_{m2} .

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

Donde S_b es la tensión admisible de los pernos a temperatura de operación y S_a es la tensión admisible en los pernos a temperatura ambiente. Los valores de las tensiones admisibles pueden encontrarse en las catálogos de la ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II Part D [8].

$$A_m \geq A_{m1}$$

$$\text{se } A_{m2} > A_{m1} \text{ entonces } A_m = A_{m2}$$

4.4. FUERZA MÍNIMA PARA PROYECTO

La fuerza mínima para el proyecto de la junta (W) son los valores obtenidos en 4.1 y 4.2.

Para las condiciones operacionales:

$$W = W_{m1}$$

Para la colocación de la junta:

$$W = (A_m + A_b) S_a / 2$$

El proyecto de bridas no está dentro del objetivo de este libro. El cálculo según el Apéndice 2 permite determinar las fuerzas necesarias del proyecto de la brida. Sin embargo, para asegurar la sellabilidad a lo largo de la vida prevista para el equipo o tubería son necesarias otras consideraciones, conforme se muestra en este libro.

Tabla 2.1

Perfil de la Superficie de Sellado	Ancho Efectivo b_0
	$N / 2$
	$N / 2$
 $w \leq N$	$(w + T) / 2$ $(w + N) / 4$ máx
	$w / 8$

Localización de la Fuerza de Reacción de la Junta (H_G)

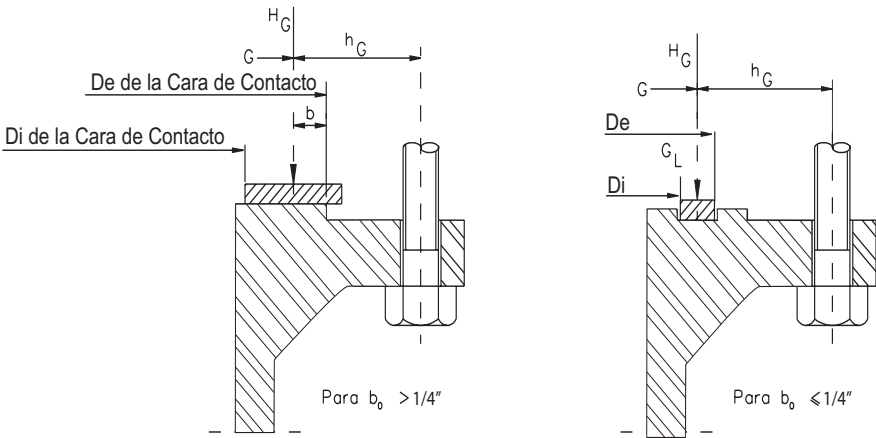


Figura 2.2

4.5. CÁLCULO DE LOS PERNOS

Los pernos deben ser dimensionados de manera tal que la suma de sus áreas A_b sea igual o mayor que A_m :

$$A_b \geq A_m$$

dónde:

A_b = (número de pernos) x (área resistiva del perno)

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

$$A_b = A_{m1}$$

Si $A_{m2} > A_{m1}$ entonces $A_b = A_{m2}$

Las áreas resistivas de los pernos imperiales y métricos están en las Tablas 12.1 e 12.2 del Capítulo 12.

5. FUERZA MÁXIMA DE APLASTAMIENTO

Para cada junta, se cuenta con un límite de aplastamiento que si sobrepasa, existe una deformación excesiva y, consecuentemente, la junta pierde sus características de sellabilidad. La fuerza de aplastamiento máxima, Wg_{max} se obtiene por la formula:

$$Wg_{max} = Sg_{max} A_g$$

donde

Sg_{max} = tensión máxima de aplastamiento de la junta a temperatura ambiente

A_g = área de sellado de la junta o área de contacto de la junta con la brida. Se calcula con la formula:

$$A_g = (\pi/4) (De^2 - Di^2)$$

donde

De = diámetro externo de contacto de la junta con la superficie de sellado de la brida.

Di = diámetro interno de contacto de la junta con la superficie de sellado de brida.

La tensión de aplastamiento máxima de la junta en temperatura ambiente, Sg_{max} se obtiene experimentalmente y varía con el material, dimensiones y forma de la junta. En el capítulo específico de cada tipo de junta a lo largo de este libro se indican los valores de Sg_{max} para las juntas de fabricación Teadit.

6. RELAJAMIENTO

Después de la instalación y apriete de los pernos se da inicio al relajamiento [9], que consiste en la pérdida de apriete aplicado al instalar la junta. Esta característica de la unión bridada debe ser considerada de forma que asegure su desempeño a lo largo de la vida útil prevista para el equipo o tubería. El relajamiento puede ser dividido en dos fases: la inicial, que ocurre inmediatamente después de la instalación y a lo largo del tiempo del servicio de la junta. El relajamiento inicial se produce principalmente por el flujo de la junta al rellenar las irregularidades entre las bridas. En escala menor las roscas de los pernos y tuercas también sufren una pequeña relajación. Los procedimientos de la instalación recomiendan el reapriete al colocar el sistema en operación.

Estudios recientes demuestran que en muchas aplicaciones críticas al apriete en temperatura ambiente puede no ser suficiente para asegurar la sellabilidad del sistema. Para estas situaciones fueron desarrolladas técnicas de reapriete en caliente realizado al colocar el sistema en operación [10, 11]. El gráfico de Figura 2.3. muestra el relajamiento de las juntas metálicas en ensayos de laboratorio. Se puede observar que la pérdida de apriete puede llegar a valores hasta del 25% de apriete inicial y resultado del reapriete en frío y en caliente, así como la mayor eficiencia de este último.

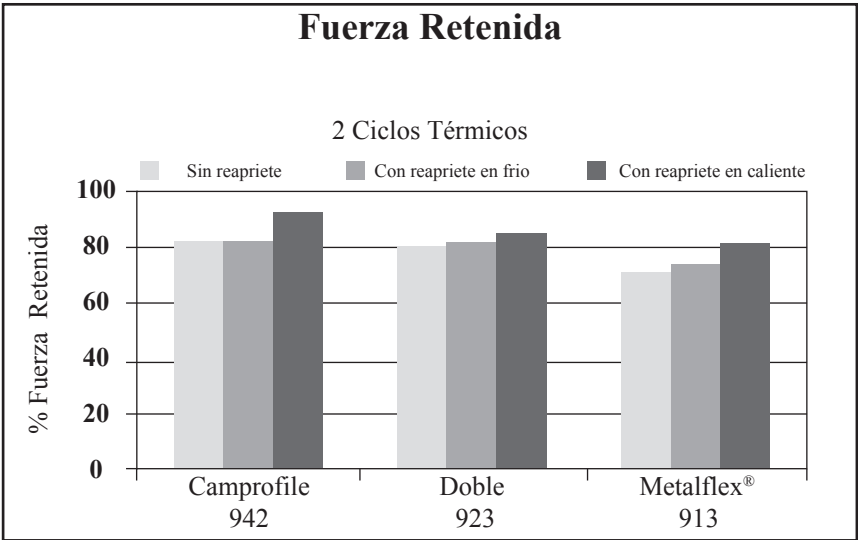


Figura 2.3

El relajamiento a lo largo del tiempo de servicio de la junta ocurre principalmente en sistemas que operan en temperaturas elevadas o con ciclos térmicos frecuentes. Dependiendo del tipo de junta, de la temperatura de operación y de la frecuencia de los ciclos térmicos los efectos pueden llevar meses o incluso años antes de ocurrir la pérdida en una unión bridada. Un ejemplo de esta relajación es causado por la oxidación del Grafito Flexible en temperaturas elevadas.

El gráfico de la Figura 2.4 muestra el relajamiento de una junta Doble Camisa a lo largo de 17 meses. Este estudio fue realizado por David Reeves en la refinería Chevron Corp. en El Segundo, California, USA, quien gentilmente autorizó la publicación en este libro. En la parte inicial del gráfico podemos observar el relajamiento inicial y el reapriete en caliente inmediatamente después del inicio de la operación. Enseguida, la pérdida continua del apriete hasta el desmontaje de la junta cuando había apenas 45% del apriete inicial.

En sistemas sujetos a este tipo de relajamiento se sugiere la aplicación de un apriete inicial lo más elevado posible, como se muestra en la figura, para evitar así una eventual pérdida durante el esfuerzo previsto para el equipo. Otros recursos tales como las “arandelas resorte” o pernos más largos pueden ser empleados como se muestra en el Capítulo 12 de este libro.

La fracción de relajamiento de la junta, T_g , que se obtiene experimentalmente, indica cuál es el valor de tensión retenido en la junta después del relajamiento. Para cada tipo y material de la junta existe un valor para esta característica que puede variar de 0,90 a 0,50. Un valor típico medio de 0,70 puede ser considerado cuando no exista un valor específico determinado.

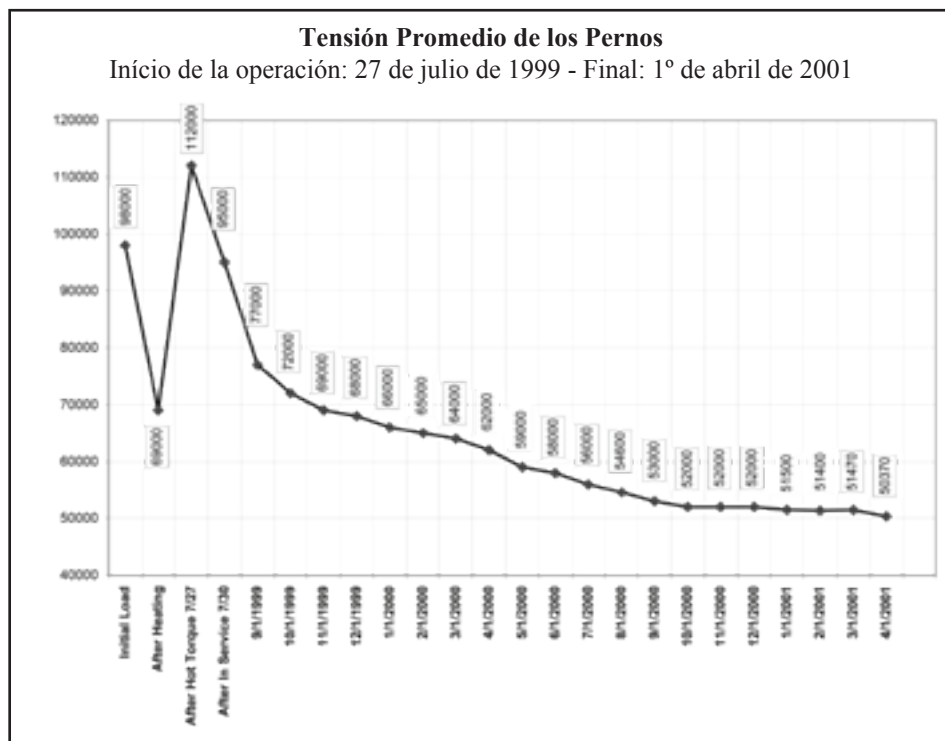


Figura 2.4

7. TENSION MÍNIMA DE OPERACIÓN DE LA JUNTA

Como ya fue mostrado, el apriete inicialmente aplicado en la junta es reducido por el relajamiento. Una reducción adicional ocurre cuando existe la presurización del equipo o tubería, es provocada por la fuerza de presión del fluido, que tiende a separar las bridas. La tensión mínima durante la operación $S_{g_{min-O}}$ se determina experimentalmente, este valor es el valor mínimo de apriete en la junta que debe mantenerse durante la operación para que no exista pérdida.

8. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE INSTALACIÓN

La fuerza de instalación de la junta (Fig. 2.5) debe ser establecida tomándose en cuenta la junta, brida y los pernos de acuerdo con lo mostrado en el procedimiento siguiente que adopta la metodología introducida en el Apéndice O de la do ASME-PCC-1 [6].

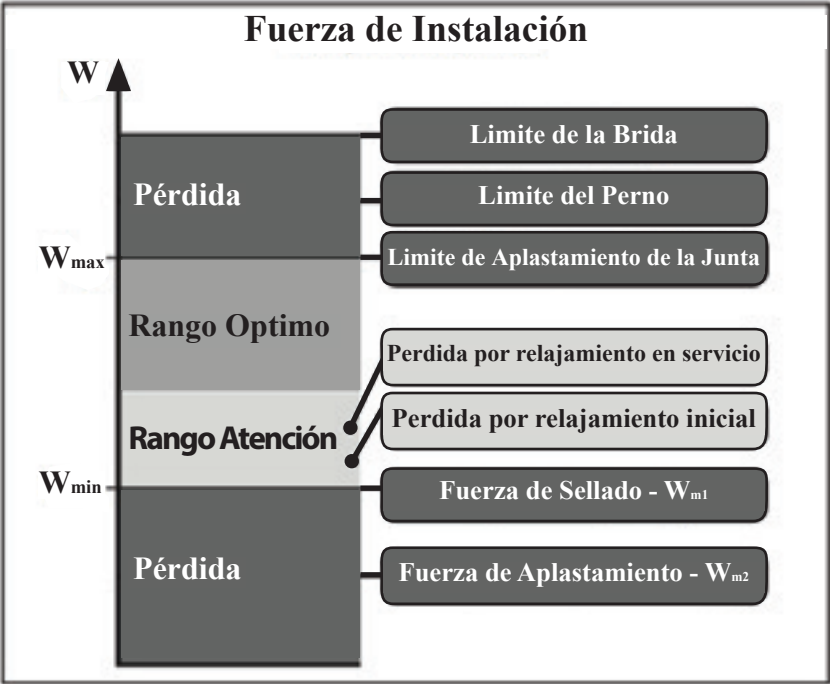


Figura 2.5

De acuerdo a lo recomendado en ASME - PCC-1, las siguientes verificaciones son necesarias para asegurar un sellado adecuado a lo largo de la vida útil prevista para el equipo o tubería.

Apriete mínimo para mantener el sellado: el apriete efectuado en la instalación de la junta debe ser suficiente para asentar adecuadamente la junta, compensar relajamientos y la fuerza de presión.

Límite de la junta: durante la instalación el apriete no debe dañar la junta pasando de su límite de aplastamiento Sg_{max} .

Límite del perno: la tensión aplicada en los pernos debe ser menor que su límite de fluencia.

Límite de la brida: El apriete aplicado no debe provocar rotación excesiva o alteración permanente en la brida.

Para efectuar el cálculo de apriete considerando las recomendaciones de la ASME - PCC [6] es necesario el conocimiento de las siguientes propiedades de las bridas, junta y pernos:

Rotación máxima permisible de la brida ($\theta_{g_{max}}$): durante la instalación, la rotación de la brida debe ser menor que el valor máximo permisible por la junta a ser instalada. El valor de la rotación máxima admisible por la junta se obtiene experimentalmente. Hasta la edición de este libro, no había procedimiento aprobado para determinar esta propiedad. En ausencia de un valor específico, se usa frecuentemente el valor genérico de 1.0 grado.

Tensión máxima admisible en los pernos (Sb_{max}): el valor de tensión máxima en los tornillos debe determinarse de tal modo que no exista daño en la junta, brida y ni en el propio perno. Este valor debe tomar en cuenta el método que será utilizado para aplicar el apriete de acuerdo con lo mostrado en el Capítulo 12 de este libro. Se recomienda que este valor sea entre 40% y 70% del límite de fluencia del perno.

Tensión mínima admisible en los pernos (Sb_{min}): el valor de tensión mínima en los pernos debe determinarse de manera tal que no se comprometa el sellado por falta de apriete. Este valor debe tomar en cuenta el método que será utilizado para aplicar el apriete de acuerdo con lo mostrado en el Capítulo 12 de este libro. Se recomienda que este valor sea entre 20% y 40% del límite de fluencia del perno.

Tensión máxima admisible en los pernos con relación a la brida (Sf_{max}): el valor de tensión máxima en los pernos que puede ser aplicada sin que las bridas sean dañadas. Este valor es calculado usando las ecuaciones del código ASME Apéndice 2 o a través de técnicas de análisis de elementos finitos. Durante este cálculo puede obtenerse también la rotación ($\theta_{f_{max}}$) en la tensión máxima de los pernos.

Tensión mínima de aplastamiento de la instalación (Sg_{min-s}): El valor se obtiene experimentalmente basado en el área de sellado de la junta. Es la tensión mínima a la que debe ser instalada la junta de manera tal que exista un adecuado asentamiento.

Tensión mínima de aplastamiento de la junta durante la operación (Sg_{min-o}): es el valor mínimo de la tensión sobre la junta para asegurar la sellabilidad durante la operación. Este valor se determina experimentalmente.

Tensión máxima de instalación de la junta (Sg_{max}): es el valor máximo de la tensión en la temperatura ambiente que no daña la junta durante la instalación. Este valor se determina experimentalmente.

Tensión de aplastamiento de instalación (Sg_t): El valor de la instalación del apriete de la junta, debe ser lo más alto posible de forma que se pueda asegurar que el relajamiento no comprometa el sellado a lo largo de la vida útil del equipo.

Fracción de relajamiento de la junta (ϕg): es la fracción de apriete en la junta sobrante después del relajamiento. Este valor se determina experimentalmente.

Una vez determinados estos valores límite, se calcula la tensión de instalación de los pernos (Sb_{sel}) y la verificación del conjunto siguiendo la siguiente metodología:

1. Cálculo de la tensión de instalación de los perno - Sb_{sel} :

$$Sb_{sel} = Sg_t (A_g / (n_p A_b))$$

Donde n_p es el número de pernos de la brida y A_b es el área resistiva de cada tornillo, A_g es el área de la junta en contacto con la superficie de sellado de la brida.

2. Verificación del límite superior del perno:

$$\text{Si } Sb_{sel} \text{ es mayor que } Sb_{max} \text{ entonces } Sb_{sel} = Sb_{max}$$

3. Verificación del límite inferior del perno:

$$\text{Si } Sb_{sel} \text{ es menor que } Sb_{min} \text{ entonces } Sb_{sel} = Sb_{min}$$

4. Verificación del límite de la brida:

$$\text{Si } Sb_{sel} \text{ es mayor que } Sf_{max} \text{ entonces } Sb_{sel} = Sf_{max}$$

5. Verificación de la tensión de aplastamiento de la instalación:

$$Sb_{sel} \geq Sg_{min-S} (A_g / (A_b n_p))$$

6. Verificación de la tensión mínima de operación de la junta:

$$Sb_{sel} \geq ((Sg_{min-o} A_g) + ((\pi / 4) P Di^2)) / (\phi_g A_b n_p)$$

7. Verificación del aplastamiento máximo de la junta:

$$S_{b_{sel}} \leq S_{g_{max}} (A_g / (A_b n_p))$$

8. Verificación del límite de rotación la brida:

$$S_{b_{sel}} \leq S_{f_{max}} (\theta_{g_{max}} / \theta_{f_{max}})$$

Si alguna de las verificaciones de la 5 a la 8 antes mencionadas no es satisfactoria, es necesario un análisis del conjunto para determinar dónde está la limitación y cuál es la posible solución o soluciones para la aplicación en estudio.

En el trabajo experimental ASME PVP 2014 - Determination of ASME PCC-1-2010 Appendix-O Gasket Parameters [49] se propone un método para la determinación de las propiedades de las juntas y permitir las verificaciones, según ASME PCC1 Apéndice O. Los valores logrados en este estudio experimental se usarán a lo largo de este libro en los capítulos específicos de cada junta.

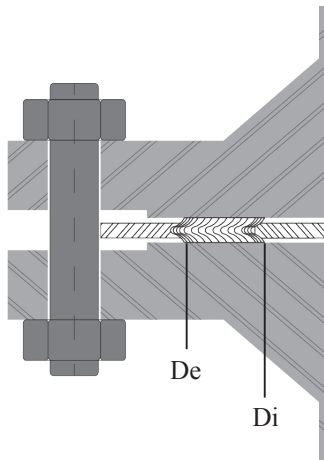


Figura 2.6

9. EJEMPLO DE CÁLCULO E INSTALACIÓN POR LOS PROCEDIMIENTOS ASME Y PCC-1

A continuación, un ejemplo de cálculo de apriete siguiendo las recomendaciones del Apéndice O del PCC-1[6] para junta conforme se muestra en la Figura 2.6

Presión de proyecto: 800 psi (55 bar)

Temperatura de proyecto: 750°F (400°C)

Características de la brida y de los pernos:

Tipo de la brida: RF con rugosidad de la superficie de sellado de 3.2 µm

Material de la brida: ASTM A 105 (acero carbono forjado)

Tensión máxima admisible en los pernos en relación con la brida ($S_{f_{max}}$): 84 000 psi

Rotación de la brida en tensión máxima ($\theta_{f_{max}}$): 0.39°

Número de pernos (n_p): 12

Diámetro de los tornillos (D_s): 1 1/8 pulgadas

Área resistiva de los pernos (A_b): 0.7276 in^2

Material de los pernos: ASTM A 193 B7

Tensión de límite de fluencia del material de los pernos en temperatura ambiente (S_y): 105 000 psi

Tensión máxima admisible en los pernos ($S_{b_{\max}}$): 70% de la tensión de límite de fluencia = 73 500 psi

Tensión mínima admisible en los pernos ($S_{b_{\min}}$): 20% de la tensión de límite de fluencia = 21 000 psi

Tensión admisible en los pernos a temperatura ambiente (S_a): 25 000 psi

Tensión admisible en los pernos a temperatura de operación (S_b): 23 600 psi

Características de la junta:

Tipo: junta tipo espiral en acero inoxidable y relleno con grafito flexible

Diámetro externo de contacto con la brida (D_e) = 8.19 plg

Diámetro interno de contacto con la brida (D_i) = 6.85 plg

$m = 3$

$y = 10\,000$ psi

Tensión mínima de aplastamiento de instalación ($S_{g_{\min-S}}$): 10 000 psi

Tensión mínima de aplastamiento de la junta durante la operación ($S_{g_{\min-O}}$): 3900 psi

Tensión máxima de aplastamiento de la junta ($S_{g_{\max}}$) = 43 000 psi

Tensión de aplastamiento de instalación (S_{g_i}): 35 000 psi

Fracción de relajamiento de la junta (ϕ_g): 0.80

Rotación máxima permisible de la brida ($\theta_{g_{\max}}$): 1°

Cálculo de la fuerza de apriete mínima requerida en los pernos de acuerdo con la ASME VIII División 1 Apéndice 2:

Ancho de la junta en contacto con la brida:

$$N = (D_e - D_i) / 2 = (8.19 - 6.85) / 2 = 0.67 \text{ plg}$$

Ancho de la base de colocación de la junta:

$$b_0 = N / 2 = 0.670 / 2 = 0.335 \text{ plg}$$

Ancho efectivo de la junta:

$$b = 0.5 (b_0)^{0.5} = 0.5 (0.335)^{0.5} = 0.2894 \text{ plg}$$

Diámetro efectivo de la junta:

$$G = (D_e - 2b) = (8.19 - 2 \times 0.2894) = 7.6112 \text{ plg}$$

Fuerza mínima de proyecto a presión y temperatura de operación:

$$W_{m1} = (\pi G^2 P / 4) + (2 b \pi G m P)$$

$$W_{m1} = (\pi \times 7.6112^2 \times 800 / 4) + (2 \times 0.2894 \times \pi \times 7.6112 \times 3 \times 800) = 69\,614 \text{ lbf}$$

Fuerza mínima para colocar la junta:

$$W_{m2} = \pi b G y$$

$$W_{m2} = \pi \times 0.2894 \times 7.6112 \times 10000 = 69\,199 \text{ lbf}$$

Fuerza mínima de apriete:

$$W_m = \text{maior valor entre } W_{m1} \text{ e } W_{m2}$$

$$W_m = 69\,614 \text{ lbf}$$

Cálculo de la sección transversal mínima de los pernos:

Sección transversal mínima a temperatura de operación:

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b$$

$$A_{m1} = 69\,614 / 23\,600 = 2.9497 \text{ pol}^2$$

Sección transversal mínima a temperatura de instalación (ambiente);

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a$$

$$A_{m2} = 69\,199 / 25\,000 = 2.7680 \text{ pol}^2$$

Sección transversal mínima de los pernos:

$$A_m = \text{maior valor entre } A_{m1} \text{ e } A_{m2}$$

$$A_m = 2.9497 \text{ pol}^2$$

Verificación de la sección transversal mínima de los pernos:

$$A_b \geq A_m$$

Donde

$$A_b = (\text{número de pernos}) \times (\text{área resistiva del perno}) = n_p \times A_b$$

$$A_b = 12 \times 0.7276 = 8.7312 \text{ pol}$$

Por lo tanto, la condición $A_b \geq A_m$ se cumple.

Verificaciones de acuerdo con el PCC-1 [6] - Apéndice O: Calculo de Sb_{sel} :

$$Sb_{sel} = Sg_T (A_g / (n_p A_b))$$

$$Sb_{sel} = 35\,000 \times 15.8286 / (12 \times 0.7276) = 63\,450 \text{ psi}$$

Verificación del límite superior del perno:

$$Sb_{sel} = \text{menor valor entre } Sb_{sel} (63\,450) \text{ e } Sb_{max} (73\,500)$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

Verificación del límite inferior del perno:

$$Sb_{sel} = \text{maior valor entre } Sb_{sel} (63\,450) \text{ e } Sb_{min} (21\,000)$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

Verificación del límite de la brida:

$$Sb_{sel} = \text{menor valor entre } Sb_{sel} (63\,450) \text{ e } Sf_{max} (84\,000)$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

Verificación de la tensión de aplastamiento de la instalación:

$$Sb_{sel} \geq Sg_{min-S} (A_g / (A_b n_p))$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

$$Sg_{min-S} A_g / (A_b n_b) = 10\,000 \times 15.8286 / (12 \times 0.7276) = 18\,128 \text{ psi}$$

por tanto, se cumple con la condición

Verificación de la tensión mínima de operación de la junta:

$$Sb_{sel} \geq ((Sg_{min-o} A_g) + ((\pi / 4) P Di^2)) / (\phi_g A_b n_p)$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

$$((Sg_{min-o} A_g) + ((\pi / 4) P Di^2)) / (\phi_g A_b n_p) =$$

$$= ((3.900 \times 15.8286) + ((\pi / 4) \times 800 \times 6.85^2)) / (0.80 \times 0.7276 \times 12) =$$

$$13\,059 \text{ psi}$$

por tanto, se cumple con la condición

Verificación del aplastamiento máximo de la junta:

$$Sb_{sel} \leq Sg_{max} (A_g / (A_b n_p))$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

$$Sg_{max} A_g / (A_b n_p) = 43\,000 \times 15.8286 / (0.7276 \times 12) = 77\,953 \text{ psi}$$

por tanto, se cumple con la condición

Verificación del límite de rotación la brida:

$$Sb_{sel} \leq Sf_{max} (\theta g_{max} / \theta f_{max})$$

$$Sb_{sel} = 63\,450 \text{ psi}$$

$$Sf_{max} (\theta g_{max} / \theta f_{max}) = 84\,000 (1 / 0.39) = 215\,384 \text{ psi}$$

por tanto, se cumple con la condición

El valor de S_{bsel} , 63 450 psi en este ejemplo, se utiliza para calcular el torque o la fuerza de los tensionadores hidráulicos para la instalación conforme lo detallado en el Capítulo 12 de este libro.

10. ACABADO SUPERFICIAL

Para cada tipo de junta existe un acabado recomendado para la superficie de la brida. La norma ASME PCC-1 [6], recomienda acabados para cada tipo de juntas.

Como regla general, es necesario que la superficie sea ranurada para las juntas no metálicas. Juntas metálicas exigen acabados lisos (finos) y las semimetálicas ligeramente ásperos. La razón para esta diferencia es que las juntas no metálicas necesitan ser “mordidas” por la superficie de sellado, evitando, de este modo, una extrusión o la expulsión de la junta por la fuerza radial.

En el caso de las juntas metálicas sólidas, es necesaria una fuerza muy elevada para que “desplazar” el material en las imperfecciones de la brida. Así, mientras más lisa la superficie, menores serán las posibilidades de pérdidas.

Las juntas del tipo espiral Metalflex® requieren un poco de rugosidad superficial para evitar el “deslizamiento” bajo presión.

El tipo de junta, por lo tanto, determinará el acabado de la superficie de sellado, no existe un acabado único para atender a los diversos tipos de juntas.

El material de la junta debe tener dureza siempre menor que la de la brida, de manera tal que el aplastamiento sea siempre en la junta, manteniendo inalterado el acabado superficial de la brida.

10.1. ACABADOS COMERCIALES DE LAS SUPERFICIES DE LAS BRIDAS

Las superficies de las bridas pueden variar del acabado en bruto de fundición hasta el lapeado. Sin embargo, el acabado comercial más común para las bridas en acero es el ranurado concéntrico o en espiral fonográfica, como se muestra en la Figura 2.7. Ambas son maquinadas con herramientas con, por lo menos 1,6 mm (1/16”) de radio y 45 a 55 ranuras por pulgada. Este acabado debe tener $3,2 \mu\text{m}$ (125 μplg) R_a a $6,3 \mu\text{m}$ (250 μplg) R_a .

10.2. ACABADOS RECOMENDADOS

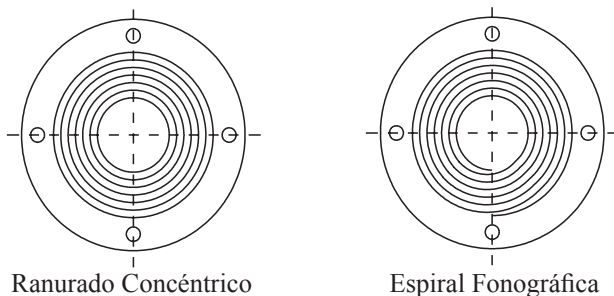


Figura 2.7

La Tabla 2.2 muestra el tipo de acabado recomendado por Teadit para los tipos de juntas industriales más usadas. De acuerdo con la MSS SP-6 Standard Finishes for Contact of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings [53], el valor Ra (Roughness Average) está expresado en micrómetros (μm) y en micro pulgadas (μplg). Debe ser evaluada por comparación visual con otros patrones Ra de la Norma ASME B46.1[44] y no por instrumentos con estilote y amplificación electrónica.

10.3. ACABADO SUPERFICIAL Y SELLABILIDAD

A continuación, algunas reglas que deben ser observadas al compatibilizar el acabado superficial con el tipo de junta:

- El acabado superficial tiene gran influencia en la sellabilidad.
- Una fuerza mínima de aplastamiento debe ser alcanzada para esparcir la junta en las irregularidades de la superficie de la brida. Una junta blanda (goma) requiere una fuerza de aplastamiento menor que una más densa (lámina comprimida).
- La fuerza de aplastamiento es proporcional al área de contacto de la junta con la brida. Ella puede ser reducida disminuyendo el ancho de la junta o su área de contacto con la brida.
- Cualquiera que sea el tipo de junta o de acabado es importante que no haya surcos o marcas radiales de herramientas en la superficie de sellado. Estos surcos radiales son mucho más difíciles de sellar y cuando la junta a utilizar es metálica, eso se vuelve casi imposible.
- Las ranuras fonográficas son más difíciles de sellar que las concéntricas. La junta al ser aplastada, debe escurrir hasta el fondo de la ranura, para no permitir un “canal” de fuga de una extremidad a otra de la espiral.
- Como los materiales poseen dureza y límites de torsiones diferentes, la decisión del tipo de acabado de la superficie de la brida dependerá fundamentalmente del material de la junta.

Acabado de la Superficie de Sellado de las Bridas

Tabla 2.2

DESCRIPCIÓN DE LA JUNTA		Plana no-metálica		Metálica corrugada con revestimiento no metálico	Metalflex® (espiral)	Metalbest® (doble enchaqu- etada metálica)	Camprofile Metálica (ranhurada con revestimiento)	Ring-Joint metálico
		1/16"	>1/16"					
TIPO TEADIT		810 / 820		905	911 / 913 / 914	923 / 926 / 927	942	950 / 951 RX / BX
SECCION TRANSVERSAL								
ACABADO SUPERFICIAL R_A	μm	3.2 a 6.4	3.2 a 13	3.2 a 6.4	2.0 a 6.4	2.5 máximo	3.2 a 6.4	1.6
	μpol	125 a 250	125 a 500	125 a 250	80 a 250	100 máximo	125 a 250	63

11. TIPOS DE SUPERFICIES DE SELLADO DE LAS BRIDAS

A pesar de que el proyecto de las bridas va más allá del objetivo de este libro, en las figuras siguientes se muestran las combinaciones más utilizadas de las posibles superficies de las bridas.

11.1. SUPERFICIE PLANA

Junta no confinada (Figura 2.8). Las superficies de contacto de ambas bridas son planas. La junta puede ser del tipo RF, hasta los pernos, o FF cubriendo toda la superficie de contacto. Normalmente usados en bridas de materiales frágiles por eso no se recomienda el uso de juntas del tipo RF (lado derecho de la Figura 2.8) para evitar la rotación o fisura de las bridas.

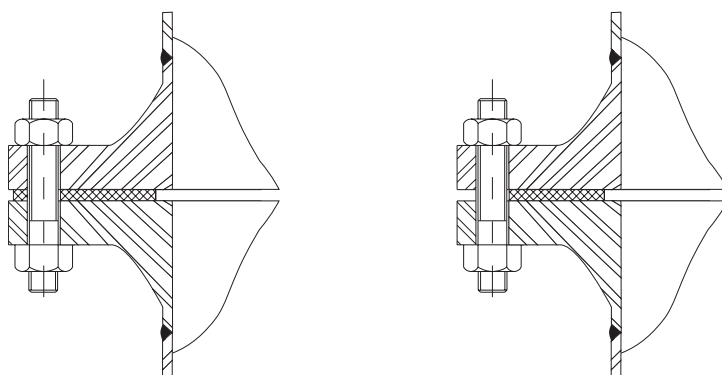


Figura 2.8

11.2. SUPERFICIE RESALTADA

Junta no confinada (Figura 2.9). Las superficies de contacto tienen un resalte de 1,6 mm o 6,4 mm. La junta alcanza normalmente hasta los pernos. Permite la colocación y retirada de la junta sin separar las bridas, facilitando eventuales trabajos de mantenimiento. Es el tipo más utilizado en tuberías.

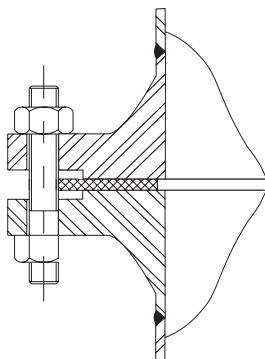


Figura 2.9

11.3. SUPERFICIE CON LENGÜETA Y RANURA

Junta totalmente confinada (Figura 2.10). La profundidad de la ranura es igual o un poco más grande que la altura de la lengüeta. La ranura es aproximadamente 1,6 mm más ancha que la lengüeta. La junta tiene normalmente, el mismo ancho que la lengüeta. Es necesario separar las bridas para el colocado de la junta. Este tipo de brida produce elevadas presiones sobre la junta, no siendo recomendado para juntas no metálicas.

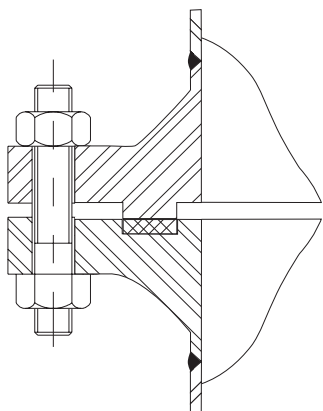


Figura 2.10

11.4. SUPERFICIE MACHO Y HEMBRA

Junta semiconfinada (Figura 2.11). El tipo más común es el de la izquierda. La profundidad de la hembra es igual o menor que la altura del macho, para evitar la posibilidad de contacto directo de las bridas cuando la junta es comprimida. El diámetro externo de la hembra es de hasta 1,6 mm mayor que la del macho. Las bridas deben ser separadas para montaje de la junta. En las figuras de la derecha e izquierda, la junta está confinada en el diámetro externo; en la figura del centro, en el diámetro interno.

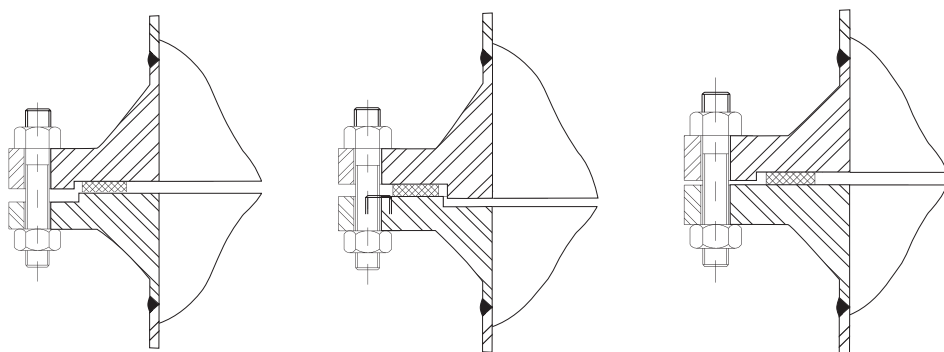


Figura 2.11

11.5. CARA PLANA Y RANURADA

Junta totalmente confinada (Figura 2.12). La superficie de una de las bridas es plana y la otra posee una ranura donde la junta es encajada. Usadas en aplicaciones donde la distancia entre las bridas debe ser precisa. Cuando la junta es aplastada, las bridas se apoyan. Solamente las juntas de gran resiliencia pueden ser montadas en este tipo de montaje. Juntas de tipo espiral, O-rings metálicas no sólidas, juntas activadas por la presión, de doble enchaquetado con relleno metálico y Camprofile son las más indicadas.

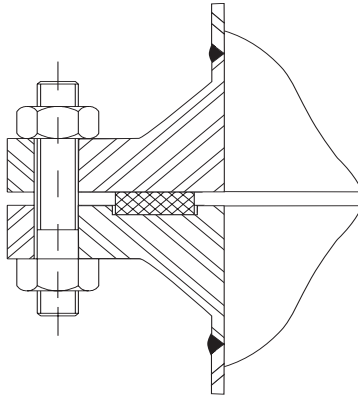


Figura 2.12

11.6. CARA PARA RING-JOINTS

Llamado también anillo API (Figura 2.13). Ambas bridas poseen canales con paredes en ángulo de 23° . La junta es de metal sólido con perfil oval u octogonal, que es el más eficiente.

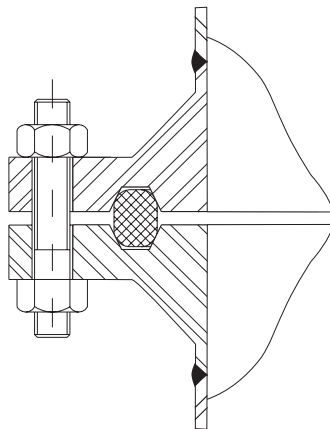


Figura 2.13

12. NUEVAS CONSTANTES DE JUNTAS

Tradicionalmente los cálculos de bridas y juntas de sellado utilizan fórmulas y valores recomendados por la American Society Mechanical Engineers (ASME), Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII.

La Sección VIII del Pressure Vessel and Boiler Code, publicado por la ASME, recomienda los valores de presión mínima de aplastamiento “y” y del factor de mantenimiento “m” para los diversos tipos de juntas. Estos valores fueron determinados a partir del trabajo experimental en 1943.

Con la introducción en el mercado de las juntas fabricadas a partir de nuevos materiales, como el grafito flexible (Graflex®), fibras sintéticas y PTFE, se tornó necesario la determinación de los valores “m” e “y” para estos materiales. En 1974 el Pressure Vessel Research Committee (PVRC) inició un programa experimental para entender mejor el comportamiento de una unión bridada, ya que no había ninguna teoría analítica que permitiese determinar este comportamiento. El trabajo fue patrocinado por más de treinta instituciones, entre ellas la ASME, American Petroleum Institute (API), American Society for Testing Materials (ASTM) y Fluid Sealing Association (FSA). La Escuela Politécnica de la Universidad de Montreal, Canadá, fue contratada para realizar los ensayos, presentar resultados y sugerencias.

En el transcurso del trabajo se verificó que no era posible la determinación de valores de “m” e “y” para los nuevos materiales sin que fuese asociado un nivel de pérdida. Los analistas optaron por desarrollar, a partir de la base experimental, una nueva metodología para el cálculo de juntas que fuese coherente con los resultados prácticos obtenidos hasta entonces. Las informaciones aquí presentadas, están basadas en trabajos divulgados en congresos o publicaciones especializadas y si se usan para cálculo, debe hacerse con el debido cuidado que este tipo de información requiere.

Fueron escogidas para estudio juntas que representan mejor las aplicaciones industriales:

- Metálicas: planas (940) y ranuradas (941) en acero carbono, cobre recocido y acero inoxidable.
- O’ring metálico.
- Lámina comprimida: elastómero SBR y NBR, fibras de amianto, aramida y vidrio.
- Grafito flexible en lámina con y sin inserción metálica.
- PTFE en lámina.
- Espirales (913) en acero inoxidable y relleno de amianto, mica-grafito, grafito flexible y PTFE.
- Doble enchaquetado metálico (923) en acero carbono e inoxidable, relleno con y sin amianto.

Las juntas fueron sometidas a ensayos en varios aparatos, uno de ellos está esquematizado en la Figura 2.14.

Fueron realizados ensayos en tres presiones, 100, 200, y 400 psi con nitrógeno, helio, querosene y agua.

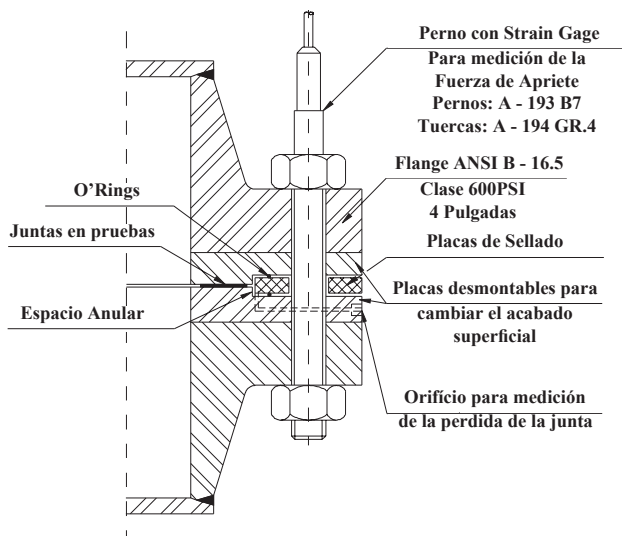


Figura 2.14

Los ensayos tuvieron la siguiente secuencia:

- Aplastamiento inicial de la junta, parte A de la curva de la Figura 2.15: la junta es apretada hasta alcanzar una compresión S_g y deflexión D_g . Manteniendo S_g constante la presión se eleva hasta alcanzar los 100 psi. En este momento se mide la pérdida L_{rm} . El mismo procedimiento se repite para 200 y 400 psi.

- En seguida el apriete de junta se reduce (parte B de la curva) manteniendo la presión del fluido constante en 100, 200 y 400 psi, la pérdida se mide en intervalos regulares. El apriete se reduce hasta que la pérdida exceda la capacidad de lectura del aparato.

La junta es nuevamente comprimida hasta alcanzar un valor más elevado que S_g , repitiendo el procedimiento hasta alcanzar el aplastamiento máximo recomendado para la junta en ensayos.

Si la presión del fluido es colocada en función de la pérdida en masa para cada valor de presión de aplastamiento, tenemos el gráfico de la Figura 2.16.

Paralelamente, fueron realizados también ensayos para determinar el efecto del acabado de la superficie de sellado. Se concluye que, a pesar de que el acabado afecte la sellabilidad, otros factores como el del tipo de junta, el aplastamiento inicial y la capacidad de la junta para resistir las condiciones operacionales son más importantes que pequeñas variaciones en el acabado de la superficie de sellado.

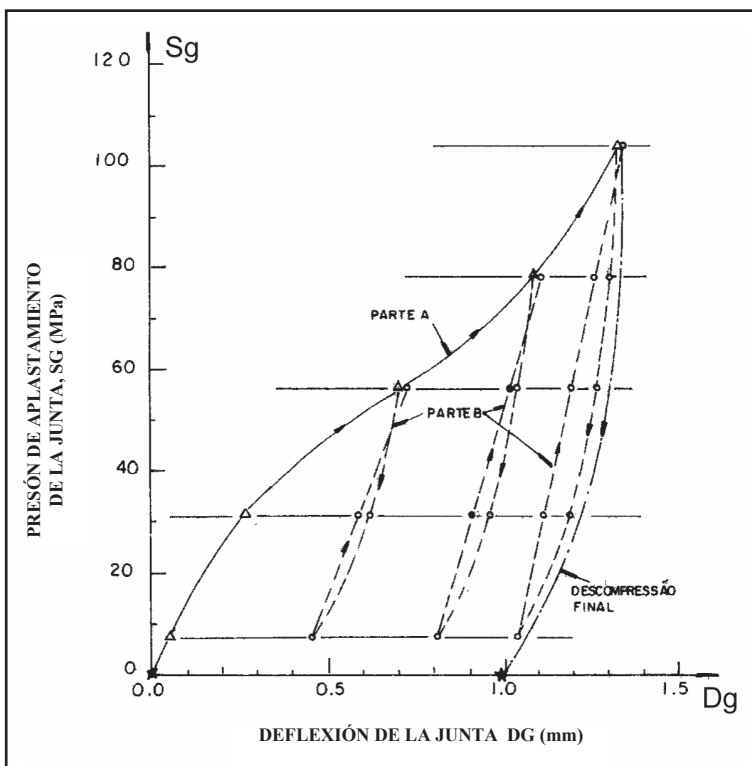


Figura 2.15

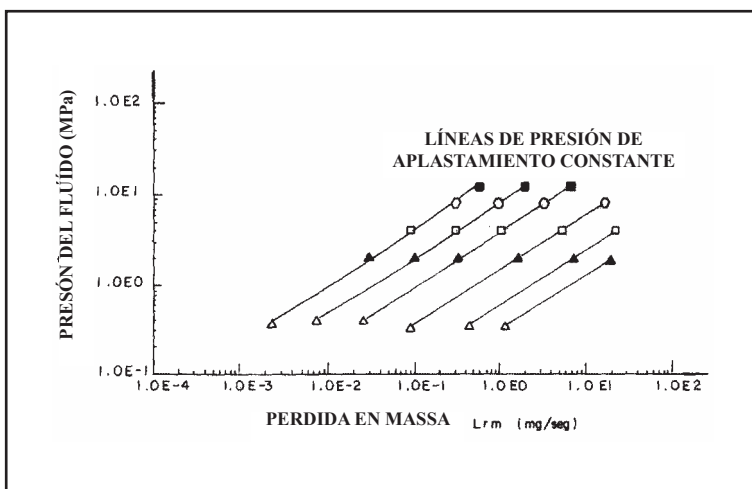


Figura 2.16

De los trabajos experimentales realizados por la Universidad de Montreal se extrajeron varias conclusiones, entre las cuales de destacan:

- Las juntas presentan un comportamiento similar sin importar el tipo o material.
- La sellabilidad es una función directa del apriete inicial al que la junta es sometida; mientras más grande es el apriete, mejor la sellabilidad.
- Se sugirió la introducción del Parámetro de Apriete (Tightness Parameter) T_p , adimensional, como la mejor forma de representar el comportamiento de los diversos tipos de juntas.

$$T_p = (P/P^*) \times (L_{m^*}/(L_m \times D_t))^a$$

Donde:

$0.5 < a < 1.2$ siendo 0.5 para gases y 1,2 para líquidos

P = presión interna del fluido (MPa)

P^* = presión atmosférica (0.1013 MPa)

L_m = pérdida en masa por unidad de diámetro (mg/seg-mm)

L_{m^*} = pérdida en masa de referencia, 1 mg/seg-mm. Normalmente tomado para una junta con 150mm de diámetro externo.

D_t = diámetro externo de la junta (mm)

El Parámetro de Apriete puede ser interpretado como: la presión necesaria para provocar un cierto nivel de pérdida. Por ejemplo, el valor de T_p igual a 100 significa que es necesaria una presión de 100 atmósferas (1470 psi o 10,1 Mpa) para alcanzar una pérdida de 1 mg/seg-mm en una junta con 150mm de diámetro externo.

Colocando en escala log-log los valores experimentales del Parámetro de Apriete tenemos el gráfico de la Figura 2.17.

Del gráfico podemos establecer las “Constantes de la Junta”, que, obtenidas experimentalmente, permiten determinar el comportamiento de la junta. Las constantes son:

- G_b = punto de intersección de la línea de aplastamiento inicial con el eje y (parte A del ensayo).

- a = inclinación de la línea de aplastamiento inicial.

- G_s = punto focal de las líneas de alivio de presión de aplastamiento inicial (parte B del ensayo).

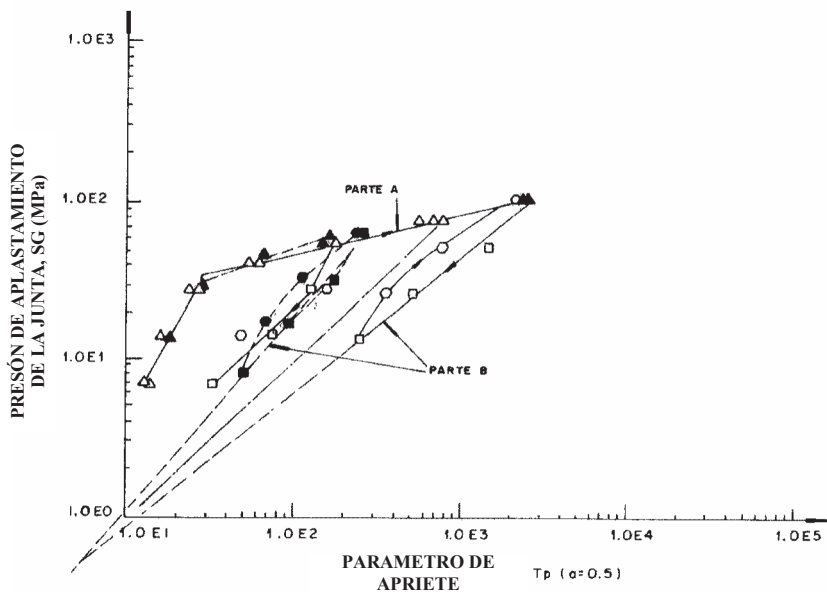


Figura 2.17

En 2018 ASTM ha emitido un procedimiento para determinar las constantes de la junta [67]. En el momento en que se editó este libro, ASME no ha emitido un procedimiento de calculo utilizando estas constantes de juntas.

13. EMISIONES FUGITIVAS

Para asegurar la vida de las próximas generaciones, es necesario reducir los contaminantes liberados en el medio ambiente. Eso se convirtio en una preocupación para la mayoría de los países del mundo. Además de esta necesidad ambiental, estas pérdidas de productos ocasionan un costo elevado para las industrias.

La gran mayoría de los agentes contaminantes, óxidos de Carbono, Nitrógeno y Azufre, provienen de la quema de combustible o de la evaporación de hidrocarburos. Estas emisiones son parte del proceso industrial y sujetas a controles específicos.

Sin embargo, existen pérdidas indeseables a través de ejes de bombas, vástagos de válvulas y bridas que, en condiciones normales, no deberían ocurrir. Estas pérdidas son conocidas como Emisiones Fugitivas (Fugitive Emissions). Se estima que solamente en USA la pérdida de productos a través de Emisiones Fugitivas alcance más de 300 000 toneladas año, correspondiente a un tercio del total de emisiones de las industrias químicas. Las Emisiones Fugitivas no siempre pueden ser detectadas por medio de inspecciones visuales, exigiendo equipos especiales.

El control de las Emisiones Fugitivas desempeña también un importante factor en la prevención de accidentes. Las fugas no detectadas son, en gran parte, las causas de los incendios y explosiones en las industrias.

Los Estados Unidos de América fue el primer el país en establecer un control efectivo sobre las Emisiones Fugitivas a través del Clean Air Act Amendments (CAA), de la Environmental Protection Agency (EPA) en conjunto con las industrias. El CAA estableció la relación de Contaminantes Volátiles Nocivos del Aire (Volatile Hazardous Air Pollutants), conocidos por la sigla VHAP. Es necesario también controlar cualquier otro producto que tenga más del 5% de un VHAP, en su composición.

Para monitorear las Emisiones Fugitivas la EPA estableció el método EPA Reference Method 21 [54] que utiliza un analizador de gases conocido como OVA (Organic Vapour Analyzer). Este aparato, calibrado para Metano, mide la concentración de un VHAP en volumen de partes por millón (ppm). El OVA, por medio de una pequeña bomba, hace pasar el aire a través de un sensor determinando la concentración del VHAP. Deben ser monitoreados vástagos de válvulas, bombas, bridas, ejes de agitadores, dispositivos de control y cualquier otro equipo que pueda presentar pérdidas.

La concentración máxima admisible para bridas es de 500ppm. Algunas organizaciones del medio ambiente consideran este valor muy elevado y están exigiendo 100ppm como límite para uniones bridadas.

Debe realizarse una medición inicial a 1 metro del equipo, en la dirección contraria al viento, seguidamente a 1 cm del equipo.

Para bridas, se debe medir en todo el contorno. El valor a considerarse es la diferencia entre el mayor valor medido y el valor de la medida inicial, a 1 m de distancia. Si el valor de la diferencia es mayor que 500 ppm, la brida es considerada con pérdidas y debe ser reparada.

El Método permite obtener una medida del tipo “pasa - no pasa”, determinando si la brida está con pérdidas. Sin embargo, no permite obtener una medición cuantitativa de cuánto está perdiendo en una unidad de tiempo. Para eso sería necesario aislar la brida o equipo, operación onerosa y no siempre es posible.

La EPA desarrolló varios estudios para establecer una correlación entre el valor en ppm y el flujo en masa. La Chemical Manufacturers Association (CMA) y la Society of Tribologists and Lubrication Engineers también realizaron estudios y llegaron a resultados similares. La pérdida de referencia en gramos por hora en bridas, establecido por la EPA puede ser calculado por la ecuación:

$$\text{Pérdida} = 0.02784 (\text{SV}^{0.733}) \text{ g / hora}$$

Donde:

SV es el valor medido en partes por millón (ppm).

El valor de pérdidas que se obtiene en esta ecuación es simplemente orientativo, permitiendo calcular la cantidad aproximada de producto perdida hacia la atmósfera. Por ejemplo, si tenemos una brida con una pérdida de 5 000 ppm tenemos:

$$\text{Pérdida} = 0,02784 (\text{SV}^{0,733}) = 0,02784 (5\ 000^{0,733}) = 14\ 323 \text{ g / hora}$$

Para satisfacer la necesidad de controlar las emisiones de hidrocarburos, la norma ASME para juntas metálicas ASME B16.20 - Metallic Gaskets for Pipe Flanges: Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed [31] se revisó en 2017 con la introducción de prueba de sellabilidad, como se detalla en el Capítulo 7 de este libro.

La Norma alemana VDI 2440 Emission Control Mineral Oil Refineries establece dos niveles de emisiones para bridas de acuerdo con el tipo de junta aplicada. Para juntas previamente sometidas a ensayos y aprobadas, el valor de emisión por brida es de 0,001 miligramos/ (segundo metro).

Para cumplir con el valor de emisión más baja de la norma VDI 2440, la junta debe tener una pérdida máxima de 10^{-4} mbar.litro/(segundo.metro), prueba con gas Helio a 1 bar de presión diferencial y 30 Mpa de aplastamiento de la junta. El proyecto de las uniones bridadas se basa en la norma VDI 2200.

Si el fluido a ser sellado está sujeto a control de emisiones fugitivas se le recomienda al proyectista elegir el tipo de material de la junta que cumpla con las exigencias específicas del proyecto de equipos.

MATERIALES PARA JUNTAS NO METÁLICAS

1. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La elección de un material para junta no metálica es difícil por la existencia en el mercado, de una gran variedad de materiales con características similares. Además de eso, nuevos productos o variaciones de productos existentes aparecen frecuentemente.

Es imposible listar y describir todos los materiales. Por esta razón, fueron seleccionados los materiales más usados con sus características básicas. Si fuera necesario profundar sobre alguno de ellos, recomendamos consultar al fabricante.

Las cuatro condiciones básicas que deben ser observadas al seleccionar el material de una junta son:

- Presión de operación.
- Fuerza de los pernos.
- Resistencia al ataque químico del fluido (corrosión).
- Temperatura de operación.

Las dos primeras fueron analizadas en el Capítulo 2 de este libro.

La resistencia a la corrosión puede ser influenciada por varios factores, principalmente:

- Concentración del agente corrosivo: no siempre una mayor concentración torna un fluido más corrosivo.
- Temperatura del agente corrosivo: en general, temperaturas más elevadas aceleran la corrosión.

- Punto de condensación: el paso del fluido con presencia de azufre y agua por el punto de condensación, común en gases provenientes de combustión, puede provocar la formación de condensados extremadamente agresivos.

En situaciones críticas, son necesarios ensayos en laboratorio para determinar, en las condiciones de operación, la compatibilidad del material de la junta con el fluido.

Al iniciar el proyecto de una junta, un análisis profundo debe ser efectuado, comenzando por la temperatura, presión, tipo de brida, fuerza de los pernos, fuerza mínima de aplastamiento, etc. Todas las etapas deben ser seguidas hasta la definición del tipo y del material de la junta más adecuada al caso en estudio.

2. PRESIÓN Y TEMPERATURA DE SERVICIO

El análisis de la temperatura y de la presión de servicio es un buen punto de partida para seleccionar el material de una junta. De esta manera, se recomienda comparar los valores del proyecto con los datos del catálogo informados por el fabricante de la junta, considerándose eventuales picos de temperatura o de presión. A través de este análisis, se selecciona un material que se encaje en el rango recomendado con un cierto margen de seguridad.

A lo largo de este libro se informarán las temperaturas y presiones recomendadas para cada material. Estas informaciones son genéricas y las condiciones particulares de cada caso deben ser estudiadas cuidadosamente.

3. LÁMINAS COMPRIMIDAS

Desde su introducción al mercado, las Láminas Comprimidas han sido el material más usado para el sellado de bridas, ya que poseen características de sellabilidad en una amplia gama de condiciones operacionales. Debido a su importancia en el campo del sellado industrial, el Capítulo 4 de este libro está completamente dedicado a las juntas de Láminas Comprimidas.

4. POLITETRAFLUOROETILENO (PTFE)

Desarrollado por Du Pont, que lo comercializa con la marca Teflón®, el PTFE en sus diferentes formas es uno de los materiales más usados en la confección de juntas industriales. Debido a su creciente importancia el Capítulo 5 de este libro muestra varias alternativas de juntas con PTFE.

5. GRAFITO FLEXIBLE – GRAFLEX®

Producido a partir de la expansión y calandrado del grafito natural. En este proceso, los grumos de grafito son tratados con ácido, neutralizados con agua y secados hasta un determinado nivel de humedad. Enseguida, el grafito es sometido a elevadas temperaturas con el objeto de evaporar el agua residual y “estallar” los grumos. El producto final presenta una pureza de 95% a 99% y un aumento de volumen de aproximadamente 200%

del original. Estos grumos de grafito expandidos son calandrados, sin ningún aditivo o aglutinante, produciendo hojas de material flexible. El grafito flexible presenta reducido *creep*, definido como una deformación plástica continua de un material sometido a presión. Por lo tanto, la pérdida de fuerza de los pernos es reducida, eliminando reaprietos frecuentes.

Debido a sus características, el grafito flexible es uno de los materiales de sellado más seguro. Su capacidad de sellar ha sido ampliamente comprobada, tanto en los ambientes más agresivos como a elevadas temperaturas. Posee una excelente resistencia a los ácidos, soluciones alcalinas y compuestos orgánicos.

No obstante, en atmósferas oxidantes y temperaturas superiores a 450°C, su uso debe ser cuidadosamente analizado. Cuando el carbono es calentado en presencia de oxígeno, hay formación de dióxido de Carbono (CO₂). El resultado de esta reacción es una reducción de masa de material. Esta reducción se incrementa exponencialmente con la temperatura, de esta forma por encima de 700 °C la total pérdida de masa puede ocurrir en pocas horas.

La tasa de pérdida de masa depende de la calidad del grafito o del uso de inhibidores de oxidación. Para determinar esta tasa la Fluid Sealing Association (FSA) desarrolló la prueba de oxidación FSA-G-604-07 Oxidation Test Standard for Flexible Graphite Materials [12] que califica el grafito en dos grupos de acuerdo con la tasa de oxidación. Sometiendo a la prueba de oxidación presentan tasa como máximo 20% y valores típicos son entre 10% y 15%. Con inhibidor de oxidación la tasa máxima es de 10%, con valor típico de 3%.

Es importante observar que los inhibidores de oxidación apenas reducen la pérdida de masa. Por lo tanto, en aplicaciones de temperatura elevada donde la junta tenga una vida prevista elevada, es necesario evitar su contacto con el oxígeno existente en el fluido y también del aire. Para estos casos el grafito es “encapsulado” conforme mostrado en otros capítulos de este libro.

La compatibilidad del Graflex® para distintos productos está en el Anexo 3.1 al final de este capítulo.

5.1. PLACAS DE GRAFLEX®

Por ser un material de baja resistencia mecánica las placas de Graflex® son provistas con refuerzo de acero inoxidable 316. Las dimensiones son 1 000 x 1 000 mm y los espesores son 0.8 mm, 1.6 mm y 3.2 mm. Las recomendaciones de aplicación de este producto están en las Tablas 3.1. a 3.3. Cuando se usen juntas fabricadas a partir de placas de Graflex® con refuerzo, es necesario también verificar la compatibilidad del refuerzo con el fluido de servicio.

Tabla 3.1
Tipos de Placas de Graflex®

Tipo	TJR	TJE	TJB
Refuerzo	lámina lisa de acero inoxidable 316L	lámina perforada de acero inoxidable 316L	Sin refuerzo
Aplicación	servicios generales, hidrocarburos	servicios generales, vapor, fluido térmico, hidrocarburos	servicios generales, bridas frágiles engeneral

Tabla 3.2
Temperaturas de Trabajo

Medio	Temperatura			
	Mínima	Máxima		
		TJR	TJE	TJB
Neutro / reductor	-240	870	870	3 000
Oxidante	-240	450	450	450
Vapor	-240	650	650	No recomendado

Los valores de “m” e “y” y la presión máxima de aplastamiento para cada tipo de Placa de Graflex® están en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3
Valores para Cálculo

Características	TJR	TJE	TJB
m	2	2	1.5
y (psi)	1 000	2 800	900
Presión máxima de aplastamiento $S_{g_{max}}$ (MPa)	165	165	165

5.2. PLACA DE GRAFLEX® MULTICAPAS - TEADIT GR 1700

TEADIT® GR1700 es una placa construida a partir de multicapas, compuesta por láminas de 0.5 mm de espesor de grafito flexible de alta resistencia a la oxidación y láminas de 0.05 mm de acero inoxidable 316L, fabricados con tecnología SIGRAFLEX APX2 Hochdruck.

El producto fue desarrollado para la industria de proceso, con el objetivo de cubrir una amplia gama de exigentes requisitos de sellado con un producto confiable y seguro, habiendo sido proyectado para aplicaciones en altas temperaturas y presiones, especialmente para aplicaciones en juntas de sellado de alto desempeño.

Las características y valores para cálculo están en las tablas 3.4 y 3.5.

Tabla 3.4
Características

Condiciones de suministro	Hojas de 1500 x 1500mm
	Espesores de 1.6 a 3.2 mm (1/16” a 1/8”)
Temperatura	Uso continuo: hasta -250º C
	Máxima: hasta 650º C
Presión	Máxima: 250 bar (3600 psi)

Tabla 3.5
Valores para Cálculo

Espesor (mm)	“m”	“y”(psi)
1.6 o 3.2	2.5	3000

5.3. JUNTA AUTOADHESIVA DE GRAFLEX® GR3110I

Junta autoadhesiva de grafito flexible con refuerzo de hilos de Inconel®. La junta de grafito GR3110I es flexible, acomodable y resiliente, además de poseer una alta conductibilidad térmica y eléctrica, características que proporcionan una gran capacidad de sellado por un largo período de servicio. Este producto es recomendado para bridas con un formato irregular, de grandes dimensiones o frágiles, en tuberías y equipos que necesiten una excelente sellabilidad en altas temperaturas. Por ser de fácil aplicación, reduce el tiempo de instalación y el desperdicio de material. Las condiciones de suministro están en la Tabla 3.6.

Límites de Servicio:

- Presión máxima: 200 bar
- Temperatura mínima: -240° C
- Temperatura máxima: Atmósfera oxidante: 450° C; Vapor: 650° C
- pH: 0 a 14
- Presión de aplastamiento máxima: 130 MPa

Tabla 3.6
Junta Autoadhesiva de Graflex® GR3110I

Medidas	Ancho (mm)	6.4	11.1	15.9	20.6	28.6	38.1
	Espesor (mm)	3,2		6,4			
Largo (m) / carrete		30.0	30.0	30.0	25.0	20.0	15.0

5.4. CINTAS DE GRAFLEX®

Graflex® también puede ser suministrado en forma de cinta lisa o corrugada, con o sin adhesivo. Los tipos disponibles y las respectivas condiciones de suministro están presentados en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7
Cintas Graflex® — Espesor de 0.4 mm

Tipo	TJI	TJH	TJZ
Presentación	cinta lisa con adhesivo	cinta corrugada con adhesivo	cinta corrugada sin adhesivo
Aplicación	sellado de conexión es roscadas	moldeada sobre la superficie de sellado de juntas metálicas	para enrollar en vástagos de válvulas o fabricar anillos premoldeados
Rollos con	12.7 x 8 000 o 25.4 x 15 000 mm	12.7 x 8 000 o 25.4 x 15 000 mm	6.4 o 12.7 x 8 000 y 19.1 o 25.4 x 15 000

6. ELASTÓMEROS

Son materiales capaces de sufrir una deformación considerable en sus dimensiones debido a la acción de una pequeña fuerza externa y de volver rápidamente a su estado original (o muy cerca) después de removerse la fuerza externa. Generalmente, los varios tipos de elastómeros disponibles en el mercado se diferencian por la naturaleza química, en la combinación de polímeros, en el peso y en la distribución molecular, entre otras propiedades. Esta diversidad de productos y las diferentes formulaciones permiten obtener una gran variedad de productos en el mercado.

6.1. CARACTERISTICAS BASICAS

Del punto de vista técnico, las principales características que hacen del caucho un buen material para juntas son: la resiliencia, la resistencia a las deformaciones cíclicas, la baja permeabilidad a gases y al agua y la considerable resistencia química. Los productos pueden ser encontrados en el mercado, en el formato de chapas o láminas en diferentes dimensiones, colores y terminados superficiales para atender las necesidades de cada aplicación.

6.2. TIPOS DE ELASTOMEROS

En juntas industriales, los elastómeros normalmente son utilizados en bajas presiones y temperaturas. Para mejorar la resistencia mecánica pueden ser empleados refuerzos con una o más capas de tela de algodón. La dureza normal para juntas industriales es de 55 a 80 Shore A y espesores de 0,8 mm (1/32”) a 6.4 mm (1/4”). Los límites de temperatura dependen de la formulación de cada producto. A continuación, están relacionados los elastómeros más utilizados en la fabricación de juntas industriales. El código entre paréntesis es la designación ASTM para el elastómero.

6.3. CAUCHO NATURAL (NR)

El Caucho Natural es el producto que se obtiene a través de la coagulación de látex de determinados vegetales, entre los cuales el principal es la *Hevea Brasiliensis*, o

“shiringa”, como es popularmente conocida. Presenta una gran resistencia mecánica y al desgaste por fricción, una buena resistencia química a las sales inorgánicas y álcalis; poca resistencia a aceites, solventes, al ozono y a la intemperie.

6.4. ESTIRENO-BUTADIENO (SBR)

El caucho SBR, también llamado de “goma sintética” y considerado de aplicación general, fue desarrollado como alternativa al caucho natural. Recomendada para el uso en agua, aire, vapor y algunos ácidos débiles; no debe ser usada en ácidos fuertes, aceites, grasas y solventes clorados; posee poca resistencia al Ozono y a la mayoría de los hidrocarburos.

6.5. CLOROPRENO (CN)

Más conocida como Neopreno®, su nombre comercial, esta goma fue originalmente desarrollada con el objetivo de obtener un producto con propiedades semejantes a las del caucho natural, pero con una resistencia a los aceites superior. Presenta una alta elasticidad, resistencia a la propagación de fuego y al envejecimiento. Tiene poca resistencia a los agentes oxidantes fuertes e hidrocarburos aromáticos y clorados.

6.6. NITRILICO (NBR)

El caucho nitrílico, también conocido como Buna-N, es muy utilizado en aplicaciones industriales y automotoras debido a su excelente resistencia química a los aceites, combustibles, al agua, al calor, al raspado, y de baja permeabilidad a gases. Presenta poca resistencia a los agentes oxidantes fuertes, hidrocarburos clorados, cetonas y ésteres.

6.7. FLUOROLASTOMERO (CFM, FVSI, FPM)

Más conocido como Viton®, su nombre comercial, este producto se caracteriza por presentar alta resistencia química y a temperaturas elevadas. Presenta una excelente resistencia a los ácidos fuertes, aceites, nafta, solventes clorados e hidrocarburos alifáticos y aromáticos. No recomendada para el uso con ésteres y cetonas.

6.8. SILICONA (SI)

El caucho silicona posee excelente resistencia al envejecimiento, no siendo afectada por la luz solar u ozono, por eso es muy usada en aire caliente. Tiene poca resistencia mecánica, a los hidrocarburos alifáticos, aromáticos y vapor.

6.9. ETILENO-PROPILENO (EPDM)

Elastómero con buena resistencia al ozono, vapor, ácidos fuertes y álcalis e intemperies. No es recomendada para el uso con solventes e hidrocarburos aromáticos.

6.10. HYPALON® (CSM)

Producto desarrollado para aplicaciones severas, pudiendo ser utilizada en contacto con ozono, oxígeno, agentes oxidantes, ácidos y bases. Presenta resistencia a intemperies, a productos químicos y una buena resistencia a los aceites. No es recomendada para el uso con ésteres e hidrocarburos aromáticos.

7. FIBRA CELULOSA

La hoja de fibra de celulosa es fabricada a partir de celulosa aglomerada con cola y glicerina. Es muy usada en el sellado de productos de petróleo, gases y solventes varios. Límite máximo de temperatura 120° C.

8. CORCHO

Granos de corcho son aglomerados con caucho para obtener la compresibilidad del corcho, con las ventajas del caucho sintético. Ampliamente utilizada cuando la fuerza de ajuste es limitada, como en bridas de chapa fina estampada o de material frágil como cerámica y vidrio. Recomendada para uso con agua, aceites, lubricantes y otros derivados de petróleo en presiones hasta 3 bar y temperatura hasta 120° C. Posee poca resistencia al envejecimiento y no debe ser usada con ácidos inorgánicos, álcalis y soluciones oxidantes.

9. TEJIDOS Y CINTAS

Tejidos de aramida, fibra cerámica o fibra de vidrio impregnadas, o no, con un elastómero son usadas, algunas veces, en juntas industriales. La hebra de tejido puede, para elevar su resistencia mecánica, tener un refuerzo metálico, como el latón o acero inoxidable. Los espesores van de 0.8 mm (1/32") a 3.2 mm (1/8"). Espesores mayores se obtienen plegando una camada sobre la otra. Los elastómeros más usados en la impregnación de tejidos son: caucho estireno butadieno (SBR), Neopreno, Viton® y Silicona.

9.1. JUNTAS DE TEJIDOS Y CINTAS

Los tejidos y cintas son doblados y moldeados en forma de juntas. Si es necesario, para llegar al espesor deseado, pueden ser doblados y colados en varias camadas.

Estas juntas son usadas principalmente en las puertas "paso de hombre" de calderas (manhole y handhole). Ellas pueden ser circulares, ovales, cuadradas o de otras formas. Son también usadas en hornos, hornallas, autoclaves, puertas de acceso y paneles de equipos. Es importante siempre verificar si la temperatura de servicio es compatible con la máxima recomendada para el tejido y elastómero utilizados.

9.2. CINTA TADPOLE

Los tejidos pueden ser enrollados en torno de un núcleo, normalmente una empaquetadura de aramida, fibra cerámica o fibra de vidrio, según se muestra en la Figura

3.1. El tejido puede tener o no impregnación de elastómeros. La junta con esta forma es conocida como “tadpole”.

El tejido se extiende más allá del núcleo, formando una cinta plana que puede tener orificios de fijación. La sección circular ofrece buen sellado en superficies irregulares sujetas a aperturas o cierres frecuentes, como puertas de hornos y estufas.

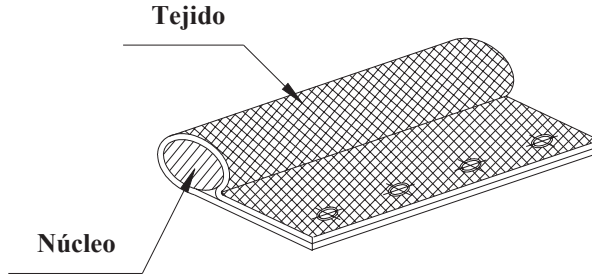


Figura 3.1

10. FIBRA CERÁMICA

En la forma de mantas, es usada para la fabricación de juntas de uso en ductos de gases calientes y baja presión. Material también empleado como relleno en juntas semi-metálicas en sustitución del cartón de amianto. Límite de temperatura: 1 200° C.

11. BEATER ADDITION

El proceso *beater addition* (BA) de fabricación de materiales para juntas es semejante al de fabricación de papel. En esta técnica, las fibras orgánicas o inorgánicas se dispersan mecánicamente para aumentar el área superficial, aglomerándose posteriormente mediante la adición de un material de aleación.

Debido a su limitada resistencia a la presión es un material poco usado en aplicaciones industriales.

ANEXO 3.1
COMPATIBILIDAD QUÍMICA DEL GRAFLEX®

Fluidos	Concentración %	Temperatura máxima °C
Acetato de Monovinil	Todas	Todas
Acetato Izo Propílico	100	Todas
Acetona	0 - 100	Todas
Ácido Acético	Todas	Todas
Ácido Arsénico	Todas	Todas
Ácido Benzilsulfónico	60	Todas
Ácido Bórico	Todas	Todas
Ácido Brómico	Todas	Todas
Ácido Carbónico	Todas	Todas
Ácido Cítrico	Todas	Todas
Ácido Clorhídrico	Todas	Todas
Ácido Dicloropropiónico	90 – 100	No Recomendado
Ácido Esteárico	100	Todas
Ácido Fluorhídrico	Todas	Todas
Ácido Fluor silicio	0 a 20	Todas
Ácido Fólico	Todas	Todas
Ácido Fórmico	Todas	Todas
Ácido Fosfórico	0 a 85	Todas
Ácido Graso	Todas	Todas
Ácido Láctico	Todas	Todas
Ácido Monocloroacético	100	Todas
Ácido Nítrico	Todas	No Recomendado
Ácido Oléico	100	Todas
Ácido Oxálico	Todas	Todas
Ácido Sulfúrico	0 a 70	Todas
Ácido Sulfúrico	Mayor que 70	No Recomendado
Ácido Sulfuroso	Todas	Todas
Ácido Tartárico	Todas	Todas
Água Boronatada	-	Todas
Água Deaerada	-	Todas
Água Mercaptana	Saturada	Todas
Álcohol Izo Propílico	0 - 100	Todas
Álcohol Amílico	100	Todas
Álcohol Butílico	100	Todas
Álcohol Etilico	0 - 100	Todas

ANEXO 3.1 (Continuación)
COMPATIBILIDAD QUÍMICA DEL GRAFLEX®

Fluidos	Concentración %	Temperatura máxima °C
Álcohol metílico	0 - 100	650
Anhidrido acetico	100	Todas
Anilina	100	Todas
Aire	-	450
Benceno	100	Todas
Bi fluoruro de Amoníaco	Todas	Todas
Bromo	Todas	No Recomendado
Cellosolve Butílico	0 - 100	Todas
Cellosolve Solvente	Todas	Todas
Cloruro Cúprico	Todas	Todas
Cloruro de Aluminio	Todas	Todas
Clorato de Calcio	Todas	No Recomendado
Cloruro de Estaño	Todas	Todas
Cloruro de Etila	Todas	Todas
Cloruro de Níquel	Todas	Todas
Cloruro de Sodio	Todas	Todas
Cloruro de Zinc	Todas	Todas
Cloruro Férrico	Todas	Todas
Cloruro Ferroso	Todas	Todas
Cloruro de Sódio	0 - 4	No Recomendado
Cloro seco	100	Todas
Cloroetilbenceno	100	Todas
Cloroformo	100	Todas
Di Bromo Etileno	100	Todas
Di Cloro Etileno	100	Todas
Dietanolamina	Todas	Todas
Dioxano	0 - 100	Todas
Dióxido de Azufre	Todas	Todas
Éter Izo Propílico	100	Todas
Etilo	Todas	Todas
Etileno Cloridina	0 - 8	Todas
Etileno Glicol	Todas	Todas
Fluidos para transferencia de calor (todos)	-	Todas
Fluidos refrigerantes	Todas	Todas

ANEXO 3.1 (Continuación)

COMPATIBILIDAD QUÍMICA DEL GRAFLEX®

Fluidos	Concentración %	Temperatura máxima °C
Fluor	Todas	No Recomendado
Gasolina	-	Todas
Glicerina	0 - 100	Todas
Hexaclorobenceno	100	Todas
Hidrato de Cloral	-	Todas
Hidrocloreto de Anilina	0 - 60	Todas
Hidróxido de Aluminio	Todas	Todas
Hidróxido de Amoníaco	Todas	Todas
Hidróxido de Sodio	Todas	Todas
Hipocloreto de Calcio	Todas	No Recomendado
Hipoclorito de Sodio	Todas	No Recomendado
Yodo	Todas	No Recomendado
Manitol	Todas	Todas
Metil-isobutil-cetona	100	Todas
Monocloreto de Azufre	100	Todas
Monoclorobenceno	100	Todas
Monoetanolamina	Todas	Todas
Octanol	100	Todas
Paradiclorobenceno	100	Todas
Paraldehído	100	Todas
Querosene	-	Todas
Sulfato de Amoníaco	Todas	Todas
Sulfato de Cobre	Todas	Todas
Sulfato de Hierro	Todas	Todas
Sulfato de Manganeso	Todas	Todas
Sulfato de Níquel	Todas	Todas
Sulfato de Zinc	Todas	Todas
Tetracloruro de Carbono	100	Todas
Tetracloroetano	100	Todas
Ticloruro de Arsénico	100	Todas
Tiocianato de Amoníaco	0 – 63	Todas
Tricloreto de Fósforo	100	Todas
Tricloroetileno	100	Todas
Vapor	-	650
Xileno	Todas	Todas

JUNTAS EN LÁMINAS COMPRIMIDAS

1. LÁMINAS COMPRIMIDAS TEADIT

Son fabricadas a partir de la vulcanización bajo presión de elastómeros con fibras naturales, artificiales o sintéticas. Por ser bastante económicos con relación a su desempeño, son los materiales más usados en la fabricación de juntas industriales, cubriendo una amplia gama de aplicación. Sus principales características son:

- Elevada resistencia al aplastamiento
- Bajo relajamiento (*creep relaxation*)
- Resistencia a altas temperaturas y presiones
- Resistencia a productos químicos

2. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

En la fabricación de láminas comprimidas, fibras naturales o sintéticas, como la aramida (Kevlar*), son mezclados con elastómeros y otros materiales, formando una masa viscosa. Esta masa es calandrada en caliente hasta la formación de una hoja con las características y dimensiones deseadas.

La fibra, el elastómero o la mezcla de elastómeros, aditivos, la temperatura, presión y el tiempo de procesamiento, se combinan de una forma que resulta en una lámina comprimida con características específicas para cada aplicación.

(*Marca registrada de E. I. Du Pont de Nemours, EUA)

2.1. FIBRAS

Las fibras poseen la función estructural, determinando, principalmente las características de elevada resistencia de las láminas comprimidas.

2.2. ELASTÓMEROS

Los elastómeros, vulcanizados bajo presión con las fibras, determinan la resistencia química de las láminas comprimidas, dándoles también sus características de flexibilidad y elasticidad. Los elastómeros más usados son:

- ***Caucho natural (NR)***: producto natural extraído de plantas tropicales que presenta excelente resistencia mecánica, buena resistencia química a sales inorgánicas y poca resistencia a aceites y solventes.
- ***Caucho estireno-butadieno (SBR)***: también conocido como “caucho sintético”, fue desarrollado como alternativa al caucho natural y posee características similares.
- ***Cloropreno (CR)***: más conocido por el nombre comercial Neopreno®, posee excelente resistencia a los aceites, gasolina y fluidos refrigerantes.
- ***Caucho nitrílico (NBR)***: producto reconocido por la excelente resistencia química a aceites, combustibles, al agua, al calor y por la baja permeabilidad a gases.
- ***Hypalon® (CSM)***: producto desarrollado para el uso en aplicaciones severas, lo que le permite ser utilizado en contacto con ozono, oxígeno, ácidos y bases.

2.3. REFUERZO METÁLICO

Para elevar la resistencia a la compresión, las láminas comprimidas pueden ser reforzadas con malla metálica. Estos materiales son recomendados para aplicaciones donde la junta está sujeta a tensiones mecánicas altas. La malla es normalmente de acero al carbono.

Las juntas de lámina comprimida con inserción metálica presentan una sellabilidad menor, pues la inserción de la malla posibilita una fuga a través de la propia junta. La malla también dificulta el corte de la junta y debe ser usada solamente cuando sea estrictamente necesario.

2.4. TERMINADO

Los diversos tipos de láminas comprimidas, son fabricadas con tres acabados superficiales, todos con el sello del tipo y marca Teadit.

- Natural: permite una mayor adherencia a la cara de la brida.
- Grafitado: evita la adherencia a la brida.
- Antiadherente: Teadit desarrolló un proceso exclusivo que reduce la adherencia de la junta facilitando su intercambio, una característica importante cuando el proceso requiere el desmontaje de la brida con frecuencia. Este acabado también elimina prácticamente los residuos de la junta adherida a la superficie de sellado, facilitando la limpieza

para una buena instalación de la nueva junta. El acabado antiadherente no tiene ningún efecto perjudicial en el rendimiento de la junta. Para mostrar la efectividad del acabado antiadherente, se analizaron muestras de la misma Lámina Comprimida siguiendo el estándar ASTM F607 [57], presentando una reducción de hasta el 81% en la fuerza de adhesión.

2.5. DIMENSIONES DE PROVISIÓN

Las láminas comprimidas Teadit son comercializadas en hojas de 1 500 mm por 1 600mm. Bajo pedido pueden ser fabricadas en hojas de 1 500 mm por 3 200 mm.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las asociaciones normalizadoras y los fabricantes, desarrollaron varios ensayos para permitir la uniformidad de fabricación, determinación de las condiciones de uso, límites de aplicación y comparación entre los materiales de diversos fabricantes. Los principales ensayos son ASTM y DIN - EN. La descripción de las pruebas más utilizadas se presentarán a continuación y los valores típicos se describirán en el Anexo 4.1.

3.1. PRUEBAS ASTM

Los ensayos ASTM fueron desarrollados principalmente para caracterizar materiales para juntas y, por lo tanto, son utilizados como criterio de control de calidad, comparaciones y aceptación del producto. Los ensayos de las normas ASTM no deben ser empleados como indicativos de desempeño. En la mayoría de los casos, los ensayos son realizados en el espesor de 0,8 mm (1/32"). Los espesores más utilizados en aplicaciones industriales son arriba de 1 mm. Por ser los primeros ensayos desarrollados para caracterizar las láminas comprimidas, las normas ASTM siguen siendo ampliamente utilizadas por los fabricantes en sus especificaciones de productos.

3.1.1. COMPRESIBILIDAD Y RECUPERACION - ASTM F36A

Medida de acuerdo con la Norma ASTM F36 Standard Test Method for Compressibility and Recovery of Gasket Materials [13], la compresibilidad es la reducción del espesor del material cuando es sometido a una carga de 5 000 psi (34,5 MPa) y se expresa como un porcentaje del espesor original. Recuperación es la retomada del espesor cuando la carga es retirada, y se expresa como porcentaje del espesor comprimido.

La compresibilidad indica la capacidad del material de acomodarse a las imperfecciones de la cara de la brida. Cuanto mayor es la compresibilidad, más fácilmente el material rellena las irregularidades y soporta variaciones de presión.

3.1.2. SELLABILIDAD - ASTM F37

Medida de acuerdo con la Norma ASTM F37 - Standard Test Methods for Sealability of Gasket Materials [14], la sellabilidad indica la capacidad del material de sellar, bajo condiciones controladas de laboratorio con isoctano ó nitrógeno.

3.1.3. RETENCION DE TORQUE - ASTM F38

Medida de acuerdo con la Norma ASTM F38 - Standard Test Methods for Creep Relaxation of a Gasket Material [15], indica la capacidad del material en mantener el apriete a lo largo del tiempo, se expresa como el porcentaje de pérdida de la carga inicial. Un material estable retiene el torque después de una pérdida inicial, al contrario de un material inestable que presenta una pérdida continua, causando una degradación del sellado con el tiempo. La presión inicial del ensayo es de 21 MPa, temperatura 100° C y tiempo 22 horas. Cuanto mayor es el espesor del material y la temperatura de operación, menor es la retención del torque.

3.1.4. INMERSIÓN EN FLUIDO - ASTM F146

Medida de acuerdo con la Norma ASTM F146 - Standard Test Methods for Fluid Resistance of Gasket Materials [16], permite verificar la variación del material, cuando está inmerso en fluidos por tiempo y temperatura determinados. Los fluidos de ensayo de inmersión más usados son el aceite IRM 903, a base de petróleo y el ASTM Fuel B, compuesto por 70% isooctano y 30% tolueno, también inmersión en ácidos. Son verificadas las variaciones de compresibilidad, recuperación, aumento de espesor, reducción a la tracción y aumento de peso.

3.1.5. RESISTENCIA A LA TRACCION - ASTM F152

Medida de acuerdo con la Norma ASTM F152 - Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetallic Gasket Materials [17], es un parámetro de control de calidad y su valor no está directamente relacionado con las condiciones de aplicación del material.

3.1.6. PERDIDA POR CALCINACION - ASTM F495

Medida por la Norma ASTM F495 - Standard Test Method for Weight Loss of Gasket Materials Upon Exposure to Elevated Temperatures [18], indica el porcentaje de pérdida de masa cuando el material es expuesto a temperaturas elevadas.

3.2. ENSAYOS DIN - EN

Los ensayos, según las normas europeas, reproducen con mayor fidelidad las aplicaciones industriales, puesto que son realizadas en cuerpos de prueba con un espesor de 2 mm y temperaturas típicas de las aplicaciones a que se destinan.

3.2.1. ENSAYOS EN JUNTAS PARA GAS - DIN 3535-6

La Norma DIN 3535 - Gaskets for gas supply - Part 6: Gasket materials based on fibres, graphite or polytetrafluoroethylene (PTFE) for gas valves, gas appliances and gas mains [19], establece los ensayos y requisitos para juntas a ser utilizadas en válvulas, equipos e instalaciones de gases operando hasta 150°C. El espesor de junta para el ensayo es de 2 mm. Se realizarán los siguientes ensayos: acabado, espesor, densidad, sellabilidad,

pérdida de masa después de la inmersión, compresibilidad, pérdida de apriete y recuperación en frío y en caliente.

3.2.2. PERDIDA DE TORQUE - DIN 52913

La Norma DIN 52913 - Testing of static gaskets for flange connections - Compression creep testing of gaskets made from sheets [20], determina la pérdida de apriete, en un tiempo especificado, de una muestra de 2 mm de espesor, sometida a una carga inicial y temperatura dada. Estos valores son definidos en la norma de acuerdo con el tipo de material. El resultado se expresa en MPa y significa el valor residual de apriete en la junta.

3.3. TEMPERATURA MAXIMA

Al no haber un ensayo adoptado internacionalmente para establecer los límites de operación de los materiales para juntas, Teadit ha desarrollado un procedimiento específico para determinar la temperatura máxima de trabajo de las láminas comprimidas. Este procedimiento fue presentado y publicado en los procedimientos de la ASME/JSME Pressure Vessel and Piping Conference – PVP 2004 titulado Determination of Critical Temperature of Non-Asbestos Fiber Sheet Gaskets [21]. El ensayo se realiza en bridas típicas de tuberías, el espesor de la junta es de 1,6 mm y el fluido utilizado es Nitrógeno.

3.4. PRUEBAS CON VAPOR

Una de las aplicaciones más típicas de las láminas comprimidas es en líneas de vapor saturado y recalentado. Para estas aplicaciones fueron desarrollados ensayos específicos.

3.4.1. ENSAYOS CON VAPOR SATURADO

La Fluid Sealing Association (FSA) desarrolló el ensayo FSA-NMG-204-02 Standard Test Method for Performance of Non-Asbestos Gaskets in High Pressure, Saturated Steam [22]. En este ensayo, son realizados un mínimo de 10 ciclos térmicos y 1000 horas a 300°C, la pérdida de agua al fin de cada ciclo es medida estableciendo, de esta forma, la tasa de pérdida del material.

3.4.2. ENSAYOS CON VAPOR SOBRECALENTADO

Con el objetivo de atender la necesidad de desarrollar láminas comprimidas para aplicaciones con vapor sobrecalentado, Teadit desarrolló un procedimiento específico. Los detalles de este procedimiento fueron presentados en el Congreso ASME/PVP 2009 Pressure Vessels and Piping Division Conference con el título: Superheated Steam Test Rig for Compressed Non-Asbestos Gaskets Evaluation [23].

Este ensayo se realiza en brida de 6 pulgadas, clase 150, en temperatura de hasta 400°C y diferentes niveles de presión. La prueba permite simular las diversas condiciones encontradas en servicio tales como, ciclos térmicos, bajo ajuste de los pernos y “blowout”.

3.5. REQUISITOS DE USO CON AGUA POTABLE, ALIMENTOS O MEDICAMENTOS

Las pruebas y el control de las materias primas se llevan a cabo para garantizar que las láminas comprimidas sean adecuadas para su uso con alimentos y agua potable. Existen estándares específicos para cada una de estas aplicaciones como se describe a continuación.

3.5.1. USO CON ALIMENTOS O MEDICAMENTOS (FDA)

El Código de Regulaciones Federales de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) del gobierno de América del Norte, a través de su Departamento de Salud y Servicios Humanos, emite instrucciones normativas para varios productos utilizados en los alimentos. El Título 1, Volumen 3, Capítulo 1, Subcapítulo B, Sección 177.2600 - Rubber articles intended for repeated use [54], establece los criterios utilizados en la fabricación de Láminas Comprimidas para uso con alimentos. Las materias primas utilizadas deben ser aquellas reconocidas como seguras y aprobadas para su uso en alimentos o en sus envases.

Además de la aprobación de las materias primas, las muestras de lámina comprimida deben someterse a una prueba de extracción con agua y con n-hexano demostrando cumplimiento con el límite máximo de extracción descritos en la sección 177.2600.

Las pruebas son realizadas por laboratorios independientes que emiten un informe que confirma que el producto probado cumple con los requisitos de la Sección 177.200. Es importante tener en cuenta que la FDA no realiza pruebas ni emite certificados.

3.5.2. USO CON AGUA POTABLE (NSF)

La National Sanitary Foundation (NSF) y el American National Standards Institute (ANSI) emiten normas para los productos utilizados en los sistemas de tratamiento de agua potable. NSF / ANSI Standard 61-2012 Drinking Water System Components – Health Effects [55] cubre materiales o productos que entran en contacto con el agua potable, productos químicos para el tratamiento del agua potable, o ambos.

Las Láminas Comprimidas certificadas por NSF se producen con materias primas aprobadas y controladas, el producto final se somete a pruebas de cromatografía. NSF realiza auditorías periódicas sobre materias primas, fabricación, producto final y existencias para garantizar que se cumplan los requisitos establecidos en NSF / ANSI 61.

4. PROYECTO DE JUNTAS CON LAMINAS COMPRIMIDAS

4.1. CONDICIONES OPERACIONALES

Al iniciar el proyecto de una junta, debemos, en primer lugar, verificar si las condiciones son adecuadas para el uso de láminas comprimidas. La presión y la temperatura de trabajo deben ser comparadas con las máximas indicadas por el fabricante.

Para las Láminas Comprimidas Teadit del tipo NA (No Amianto), fueron determinadas las curvas P x T que representan el comportamiento del material, considerando la acción simultánea de presión y temperatura. Las curvas P x T son determinadas con Nitrógeno y juntas de 1,6 mm de espesor. Para comprobar si una condición es adecuada, se debe verificar si la presión y la temperatura de operación está dentro de la faja recomendada para el material, que es representada por el área bajo la curva inferior del gráfico. Si el punto cae fuera del área entre las dos curvas es necesario consultar a Teadit pues, dependiendo de otros factores, tales como el tipo de fluido y la existencia de ciclo térmico, el material puede o no ser adecuado para la aplicación.

4.2. RESISTENCIA QUIMICA

Antes de decidimos por el uso de un tipo de lámina comprimida, debemos verificar su resistencia química al fluido a ser sellado.

El Anexo 4.2, en el final de este capítulo, presenta la compatibilidad entre varios productos y las diversas láminas comprimidas Teadit. La tabla de Resistencia Química de las Láminas Comprimidas fue elaborada en base a resultados de laboratorio, experiencia en campo y datos de literatura técnica, considerando el “fluido puro”. En el caso de las mezclas de fluidos, es recomendable efectuar un estudio en particular con el fin de verificar la compatibilidad química del producto.

Importante: Las recomendaciones del Anexo 4.2 son genéricas, por lo tanto las condiciones particulares de cada caso deben ser analizadas cuidadosamente.

4.3. TIPOS DE JUNTAS

4.3.1. TIPO 810 RF (RAISED FACE)

El Tipo 810 o RF (Figura 4.1) es una junta cuyo diámetro externo es tangente a los pernos, haciéndola autocentrante al ser instalada. Es el tipo de junta más usada en bridas industriales, por ser más económica sin perder su desempeño.

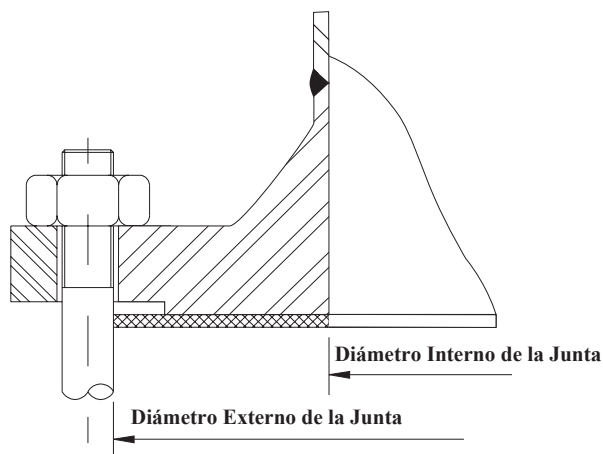


Figura 4.1

4.3.2. TIPO 820 FF (FULL FACE)

El Tipo 820 o FF (Figura 4.2) es una junta que se extiende hasta el diámetro externo de las bridas. Es normalmente usada en bridas de materiales frágiles o de baja resistencia. Se debe tomar bastante cuidado en aplastar adecuadamente la junta debido a su mayor área de contacto.

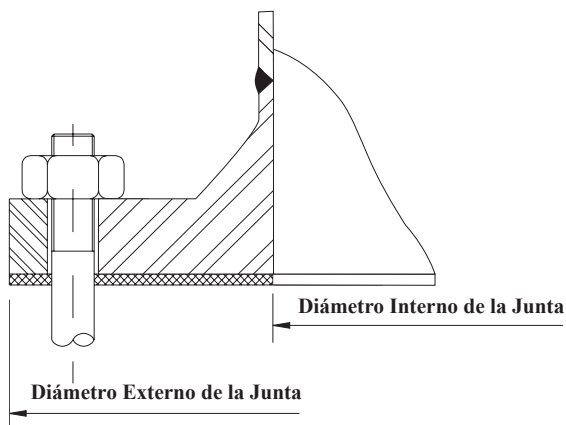


Figura 4.2

4.3.3. TIPO 830 PARA INTERCABIADORES DE CALOR

Es bastante frecuente el uso de juntas en bridas no normalizadas, como, por ejemplo, en los espejos de los intercambiadores de calor. En este caso, las recomendaciones de proyecto del Capítulo 2 de este libro deben ser observadas cuidadosamente. La presión máxima de aplastamiento no debe sobrepasar los valores indicados para cada tipo de lámina comprimida. Es importante mencionar que la norma TEMA – Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association [24] restringe el uso de juntas no-metálicas en determinados tipos de intercambiadores de calor. En la mayoría de los casos, las juntas de lámina comprimida son utilizadas para realizar un test hidrostático del equipo, siendo sustituidas posteriormente por juntas metálicas.

4.4. DIMENSIONAMIENTO PARA BRIDAS NORMAS ASME

Las juntas para uso en bridas ASME, están dimensionadas en la Norma ASME B16.21, *Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges* [25]. En esta norma están las dimensiones de las juntas para diversos tipos de bridas, usados en tuberías y equipos industriales, según Anexos 4.3 a 4.10.

4.5. DIMENSIONAMIENTO PARA BRIDAS NORMA DIN EN 1514-1

Las dimensiones de las juntas según Norma DIN EN 1514-1 [26] están en el Anexo 4.11 a 4.13.

4.6. DIMENSIONAMIENTO PARA OTRAS NORMAS

Otras asociaciones normalizadoras también especifican las dimensiones para juntas. Las normas BS y JIS de Inglaterra y Japón, respectivamente, son usadas en equipos proyectados en estos países. Su uso es bastante limitado en Brasil.

4.7. TOLERANCIAS

Las tolerancias de fabricación para juntas no normalizadas están indicadas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1
Tolerancias de Fabricación

Juntas Tipo	Característica		Tolerancia - mm	
810 RF	Diámetro Externo	Hasta 320 mm	- 1.6	+ 1.0
		Arriba de 320 mm	- 3.2	+ 1.4
	Diámetro Interno	Hasta 320 mm	± 2.4	
		Arriba de 320 mm	± 3.2	
820 FF	Diámetro Externo	Hasta 320 mm	- 0.0	+ 1.5
		Arriba de 320 mm	- 0.0	- 3.0
	Diámetro Interno	Hasta 320 mm	± 1.5	
		Arriba de 320 mm	± 3.0	
	Círculo de Agujeros		± 1.5	
	Centro a centro de los orificios de los pernos		± 1.0	

5. JUNTAS DE GRANDES DIMENSIONES

Cuando las dimensiones de la junta fueran mayores que la hoja de lámina comprimida, o si debido a razones económicas, fuera necesario su fabricación en sectores, son usados dos tipos de enmienda: cola de milano y chaflanada.

5.1. COLA DE MILANO

Es la enmienda más usada en aplicaciones industriales, permitiendo la fabricación en cualquier tamaño y espesor, según se muestra en la Figura 4.3. Cada unión macho y hembra es ajustada de modo que haya el mínimo de holgura. Al montar debe ser observada la indicación existente, evitando cambios de sectores.

El dimensionamiento de la “Cola de Milano” debe seguir las siguientes recomendaciones:

Para una unión:

$$L \leq 200 \text{ mm}$$

$$A = L / 3$$

$$B = 1,5 (L / 3) \text{ con mínimo } 20 \text{ mm e máximo } 50 \text{ mm}$$

$$C = (L / 3) + 10 \text{ mm}$$

Para dos uniones:

$$L > 200 \text{ mm}$$

$$A = L / 5$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$C = (L / 5) + 10 \text{ mm}$$

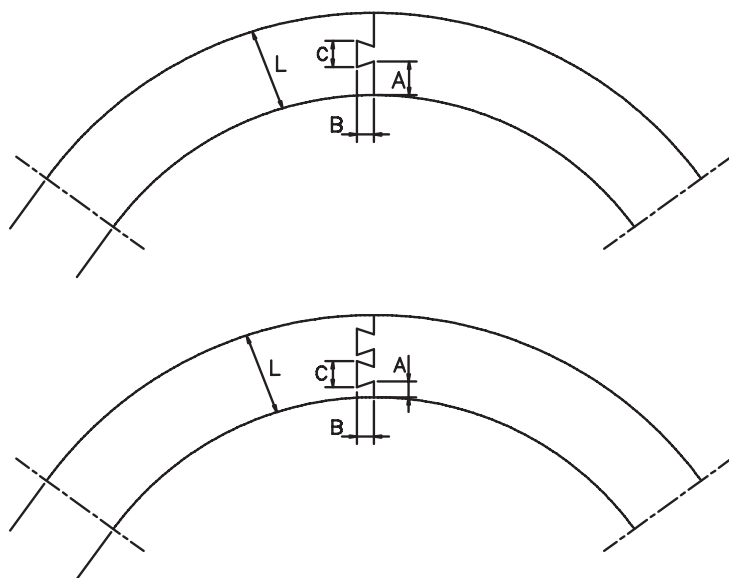


Figura 4.3

5.2. CHAFLANADA

Cuando la fuerza de aplastamiento no fuera suficiente, pueden ser hechas enmiendas chaflanadas y pegadas (Figura 4.4). Debido a las dificultades de fabricación, solo es viable este tipo constructivo para espesores de 3,2 mm (1/8") como mínimo.

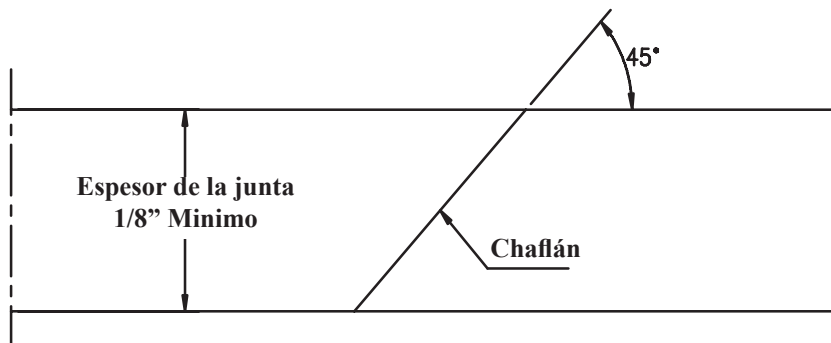


Figura 4.4

6. ESPESOR Y ANCHO

Al especificar el espesor de una junta, debemos tener en consideración principalmente, la superficie de sellado. La recomendación de ASME PCC-1 [6] para el acabado de las superficies de sellado están indicadas a continuación. Aplicaciones prácticas con buenos resultados recomiendan que el espesor sea:

- Bridas hasta 10", utilizar espesor de 1,6 mm (1/16").
- Bridas mayor que 10" utilizar espesor de 3,2 mm (1/8").

Espesores arriba de 3,2 mm sólo deben ser usados estrictamente cuando sea necesario. En bridas muy desgastadas, distorsionadas o de grandes dimensiones, pueden ser usados espesores de hasta 6,4 mm.

Para bridas con superficies rectificadas o pulidas, se deben usar juntas con el menor espesor posible (hasta 1,0 mm). De no existir ranuras o irregularidades para "morder", la junta puede ser expulsada por la fuerza radial provocada por la presión interna o producirse la extrusión de la junta, si el apriete no es controlado. El Código ASME Sección 8 Div.1 Apéndice 2 [5] recomienda los siguientes anchos mínimos de contacto de junta con la superficie de sellado:

Tabla 4.2
Anchos Mínimos de Contacto de la Junta

Diámetro interno (DI) de la Brida	Ancho mínimo de contacto (mm)
$600 < DI \leq 900$	25
$900 < DI < 1500$	32
$1500 \leq DI$	38

7. FUERZA DE APRIETE EN LOS PERNOS

La fuerza de apriete de los pernos debe ser calculada de acuerdo con las recomendaciones del Capítulo 2 de este libro. Los valores de "m" e "y" para cálculos según el código ASME y los valores para el cálculo de instalación de la junta, en conformidad con el ASME PCC-1 están en la tabla 4.3.

Tabla 4.3
Valores para cálculo según el código ASME y PCC-1

Material	Espesor (mm)	m	y (psi)	Sg _{max} (ksi)	Sg _{min-s} (ksi)	Sg _{min-o} (psi)	φg	θg _{max}
NA1002	1.6	2.0	3500	30	11	3900	0.7	1
	3.2	2.0	3500	20	10	3900	0.7	1
NA1006	1.6	2.5	2900	25	5	3900	0.7	1
	3.2	3.2	2900	25	5	3900	0.7	1
NA1060	1.6	3.2	3500	23	6	3900	0.7	1
	3.2	3.8	3000	23	8	3900	0.7	1
NA1085	1.6	2.5	2500	23	5	3900	0.7	1
	3.2	6.8	3500	23	6	3900	0.7	1
NA1100	1.6	2.9	3500	30	18	3900	0.7	1
	3.2	4.1	3500	22	11	3900	0.7	1
U60NA	1.6	2.6	4500	32	8	3900	0.7	1
	3.2	6.1	4500	16	10	3900	0.7	1
1082 SAN	1.6	3	2900	25	7	3900	0.7	1
	3.2	4	3600	25	7	3900	0.7	1

8. AGENTES FIJADORES

El acabado para la mayoría de las aplicaciones debe ser el natural. El acabado grafitado solo debe ser usado cuando fuera frecuente el desmontaje.

No se recomienda el uso de productos tales como grasa, aceite, sellado de juntas y silicona, en la superficie de la junta. Estos productos provocan una elevada extrusión durante su instalación, destruyéndola. La Figura 12.23 muestra un comparativo de juntas de Lámina Comprimida instaladas en la misma brida y con la misma fuerza de aplastamiento, usando diferentes agentes de fijación. Sugerimos consultar al fabricante sólo cuando el uso de estos productos en la instalación de la junta sea absolutamente indispensable.

9. ACABADO DE LAS SUPERFICIES DE SELLADO DE LAS BRIDAS

El acabado de las superficies de la brida en contacto con la junta debe tener una rugosidad superficial para “morder” la junta, evitando así su extrusión. El acabado recomendado en la norma ASME PCC-1 Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly [6] para juntas en Lámina Comprimida se indica en la Tabla 4.4.

El ranurado puede ser maquinado concéntrico o en espiral. Bridas con ranuras en espiral son más difíciles de sellar. Un aplastamiento inadecuado puede permitir un “canal de fuga” a través del espiral. Surcos radiales son difíciles de sellar y deben ser evitados.

Tabla 4.4
Acabado Superficial

Espesor de la Junta (mm)	Acabado Superficial	
	μm	μpol
Hasta 1,6 (1/16")	3.2 a 6.4	125 a 250
Mayor que 1,6 (1/16")	3.2 a 13	125 a 500

10. ALMACENAMIENTO

Las láminas comprimidas en hojas, o bien como juntas ya cortadas, no deben ser almacenadas por largos periodos. El elastómero usado como aglutinante sufre de “envejecimiento” con el tiempo, alterando sus características físicas.

Al almacenar, se debe elegir un local fresco, seco y sin luz solar directa.

Evitar el contacto con el agua, aceites o productos químicos. Las hojas y juntas de lámina comprimida, 64 deben ser mantenidas en lo posible estiradas sin dobleces. Evitar colgar o enrollar, para no provocar deformaciones permanentes.

Para determinar el grado de envejecimiento de una lámina comprimida, fue presentado el estudio PVP 2010-25407, Compressed Non-Asbestos Gaskets Shelf Life Prediction [27].

11. REFUERZO METALICO

Para elevar la resistencia a la compresión del fluido durante la fabricación de la junta, las láminas comprimidas pueden ser reforzadas con malla metálica.

12. LAMINAS COMPRIMIDAS TEADIT

Las Láminas Comprimidas, para aplicaciones industriales, disponibles en el mercado, en ocasión de la publicación de este libro, están enunciadas a continuación. Por ser un producto en constante evolución, nuevos desarrollos son continuamente ofrecidos a los usuarios.

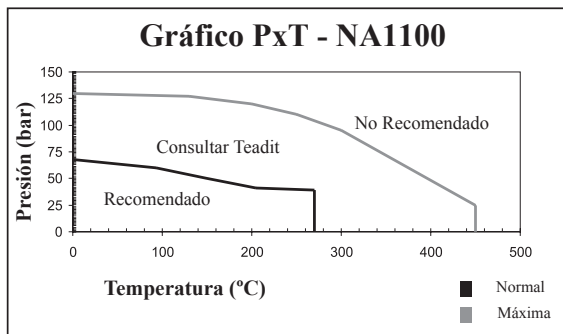
12.1. Lámina Comprimida NA1100

Lámina Comprimida universal de elevada resistencia térmica. Contiene fibra de carbono y grafito unidos con caucho NBR. Indicado para aceites calientes, solventes, agua, vapor y productos químicos en general.

Color: negra.

Classificación ASTM F104: 712120E23-M6

Aprovações: DVGW e KTW.

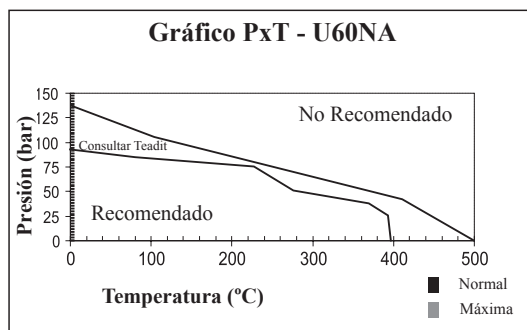


12.2. Lámina Comprimida U60NA

La Lámina Comprimida U60NA fue desarrollada para tener una estabilidad térmica superior, con la finalidad de substituir láminas térmicas de amianto en las aplicaciones con ciclo térmico. Es recomendado y presenta un desempeño particularmente elevado en las aplicaciones de vapor saturado y sobrecalentado.

Color: Negra

Classificación: ASTM F104: 712140E33-M9

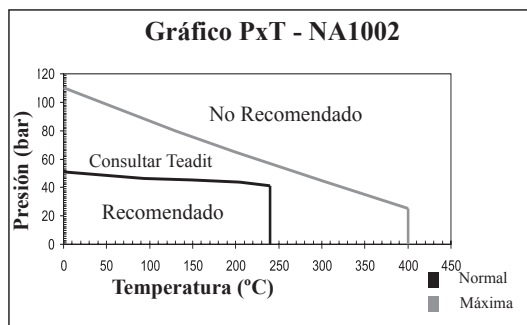


12.3. Lámina Comprimida NA1002

Lámina Comprimida universal de fibra aramida y caucho NBR. Indicado para de rivados de petróleo, agua, vapor saturado, gases y productos químicos en general.

Color: verde.

Classificación: ASTM F104: 712120E22-M5

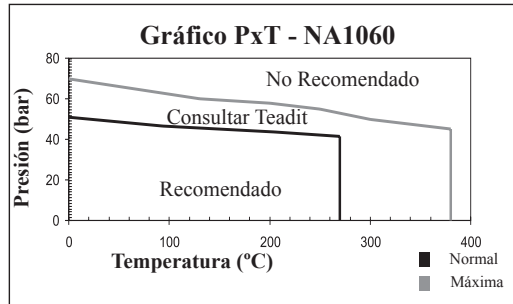


12.4. Lámina Comprimida NA1060

Lámina Comprimida universal de fibra aramida y caucho SBR. Indicado para trabajar con productos que no pueden sufrir contaminación.

Color: blanco.

Classificación ASTM F104: 712940E34-M9

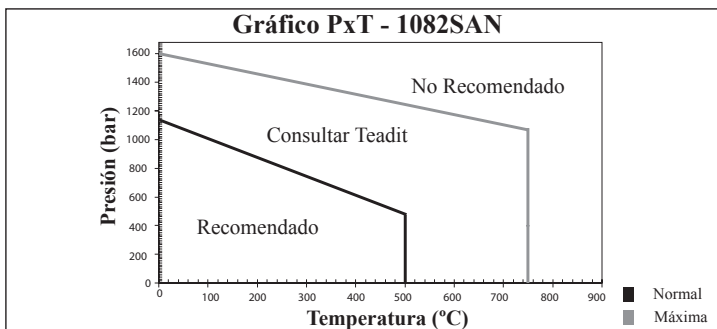
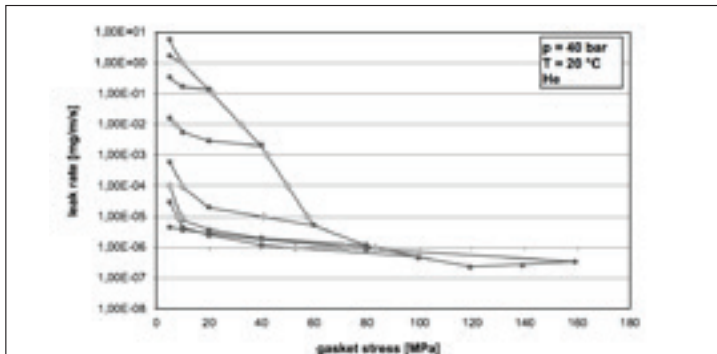


12.5. Lámina Comprimida 1082SAN

Lámina Comprimida de aramida y NBR, indicado para satisfacer las necesidades de la industria de alimentos y medicamentos, en el que la garantía de la capacidad de sellado debe estar asociada con la eliminación de cualquier riesgo de contaminación.

Color: azul.

Classificación ASTM F104 – F712120E12M5 Certificação: NSF/ANSI

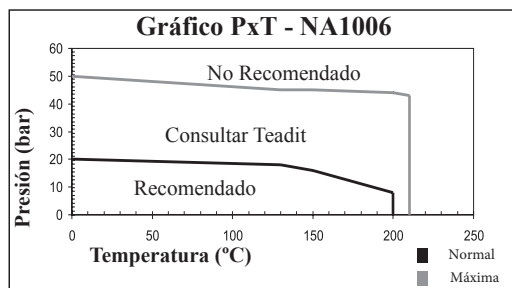


12.6. Lámina Comprimida NA1006

Lámina Comprimida con flexibilidad superior, que contiene un alto contenido de fibras orgánicas, cargas especiales y caucho NBR. Indicado para trabajar con productos químicos en general a baja temperatura, agua y derivados del petróleo.

Color: rojo.

Classificación o ASTM F104 - 719000E49-M9

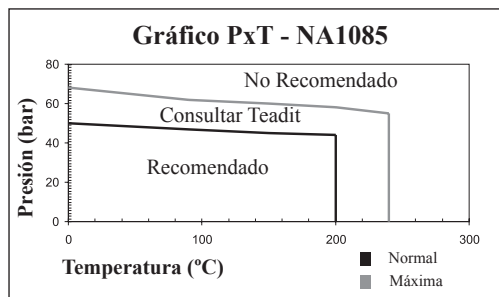


12.5. Lámina Comprimida NA1085

Lámina Comprimida universal de fibra aramida y caucho Hypalonypalon (CSM). Presenta excelente resistencia química y mecánica. Desarrollado para trabajar con ácidos fuertes y productos químicos en general.

Color: azul cobalto.

Classificación ASTM F104: 712000E00-M5



Anexo 4.1
Características Físicas - Láminas Comprimidas Teadit®

Características Físicas		NA1100	U60NA	NA1002	1082SAN	NA1060	NA1085	NA1006	NA1000
Temperatura límite – °C	Máxima	450	550	400	400	380	240	250	380
	Uso Continuo	270	430	240	260	270	200	200	200
Presión límite – bar	Máxima	130	150	110	110	70	70	80	90
	Uso Continuo	70	102	50	80	50	50	—	40
Densidad – g/cm ³		1.65	1.46	1.75	1.95	1.95	1.7	1.68	1.3
Compressibilidad – ASTM F36A - %		5 - 15	12 - 22	7 - 17	5-15	7 - 17	5 - 15	15 - 25	15-25
Recuperación – ASTM F36A - % min		50	40	45	50	45	40	35	50
Resistencia a la tracción transversal ASTM F152 - MPa		15	9	11.5	12	13.5	14	4	13
Pérdida por calcinación ASTM F495 - % máximo		50	—	34	27	29	37	35	36
Aumento de espesor ASTM F 146 - % máximo	IRM 903	15	15	12	15	30	—	15	15
	Fuel B	15	15	10	10	20	—	15	15
Aumento de peso ASTM F 146 - % máximo	IRM 903	15	30	15	15	30	—	20	—
	Fuel B	15	20	15	10	20	—	20	20
Aumento de espesor concentración 25% a 23° C - % máximo	H ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	6	—	—
	HNO ₃	—	—	—	—	—	6	—	—
	HCl	—	—	—	—	—	5	—	—
Aumento de peso concentración 25% a 23° C - % máximo	H ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	6	—	—
	HNO ₃	—	—	—	—	—	6	—	—
	HCl	—	—	—	—	—	5	—	—
Pérdida de torque – ASTM F 38 - %		22	—	25	20	20	26	49	48
Retención de torque DIN 52913 - MPa		35	43	28	36	39	28	27	37
Selabilidad Isoctano 1000 psi ASTM F37 – ml / h		0.20	—	0.25	0.20	0.25	0.20	0.25	—
Selabilidad – DIN3535-6- mg/s.m		0.003	0.1	0.001	0.006	—	—	0.01	<0.001

Anexo 4.2

**Tabla de Recomendaciones
Láminas Comprimidadas Teadit**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

Fluidos	U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
Acetaldehído	B	B	B	B	B	C
Acetamida	A	A	A	C	A	B
Acetato de Aluminio	A	A	A	A	A	A
Acetato de Amilo	B	B	B	B	B	C
Acetato de Butilo	B	B	B	C	B	C
Acetato de Plomo (Azúcar de Plomo)	B	B	B	C	B	C
Acetato de Cobre	B	B	B	C	B	C
Acetato de Etilo	C	C	C	C	C	C
Acetato de Potasio	A	A	A	B	A	C
Acetato de Vinilo	B	B	B	-	B	-
Acetileno	C	A	A	A	A	B
Acetona	C	C	C	B	C	B
Acetofenona	C	C	C	C	C	C
Acetonitrilo	C	C	C	-	C	-
Ácido Acético (T < 90°C)	A	A	A	A	A	A
Ácido Acético (T ≥ 90°C)	C	C	C	C	C	A
Ácido Acrílico	B	B	B	-	B	-
Ácido Adípico	A	A	A	B	A	A
Ácido Benzoico	B	B	B	B	B	B
Ácido Bórico	A	A	A	A	A	A
Ácido Brómico	C	C	-	C	C	A
Ácido Butírico	C	C	C	C	C	C
Ácido Carbólico, Fenol	C	C	C	C	C	C
Ácido Carbónico	B	B	B	B	B	B
Ácido Cítrico	A	A	A	A	A	A
Ácido Clorídrico 10%	A	A	A	C	A	A
Ácido Clorídrico 37%	C	C	C	C	C	A
Ácido Cloroacético	C	C	C	C	C	A
Ácido Clorosulfónico	C	C	C	C	C	C
Ácido Crómico	C	C	C	C	C	C
Ácido Esteárico	A	A	A	B	A	B
Ácido Fluorhídrico	C	C	C	C	C	C
Ácido Flúor-silícico	A	A	C	C	A	A
Ácido Fórmico	B	B	B	A	B	A
Ácido Fosfórico	B	B	C	C	B	C
Ácido Láctico 50%	A	A	A	A	A	A
Ácido Láctico, Frio	A	A	A	A	A	A
Ácido Láctico, Caliente	C	C	C	C	C	C
Ácido Maleico	B	B	C	C	B	C
Ácido Metil-acrílico	C	C	C	C	C	C
Ácido Nítrico < 50% (T ≤ 50°C)	C	C	C	C	C	A
Ácido Nítrico > 50%	C	C	C	C	C	C
Ácido Nítrico Bruto	C	C	C	C	C	C
Ácido Nítrico Rojo Humeante	C	C	C	C	C	C
Ácido Oleico	A	A	A	C	A	B
Ácido Oxálico	B	B	B	B	B	B
Ácido Palmítico	A	A	A	B	A	B
Ácido Perclórico	C	C	C	C	C	C
Ácido Pírico	B	B	B	B	B	B
Ácido Salicílico	B	B	B	B	B	-
Ácido Sulfúrico ≤ 90%	C	C	C	C	C	A
Ácido Sulfúrico 95%	C	C	C	C	C	B

Anexo 4.2 (continuación)

**Tabla de Recomendaciones
Láminas Comprimidas Teadit**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

Fluidos	U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
Ácido Sulfúrico oleum	C	C	C	C	C	C
Ácido Sulfúrico Humeante	C	C	C	C	C	C
Ácido Sulfuroso	B	B	B	B	B	A
Ácido Táxico	A	A	A	A	A	A
Ácido Tartárico	A	A	A	A	A	A
Ácido Tricloroacético	B	B	B	C	B	C
Acrilato de Etilo	C	C	C	C	C	C
Acrilonitrilo	C	C	C	C	C	C
Agua	A	A	A	A	A	A
Agua Destilada	A	A	A	A	A	A
Agua, Sin Sal Oxidante	A	A	A	A	A	A
Agua de Alimentación	A	A	A	A	A	A
Agua de Alcantarilla	A	A	A	B	A	A
Agua Regia	C	C	C	C	C	C
Agua de Mar	A	A	A	A	A	A
Aguarrás	A	A	A	C	A	C
Agua Salada	A	A	B	A	A	A
Alquitrán (Asfalto)	B	B	B	C	B	C
Alcohol Amílico	B	B	B	B	B	A
Alcohol Benzílico	C	C	C	C	C	B
Alcohol Isopropílico	A	A	A	A	A	A
Alcohol Propílico	A	A	A	A	A	C
Alumbres	A	A	A	A	A	A
Blanqueador (Hipoclorito de sodio)	C	C	C	C	C	A
Amoniaco – Fria (Gas)	C	A	A	A	A	A
Amoniaco – Líquida, Anhidra	B	B	B	C	B	B
Amoniaco – Caliente (Gas)	C	C	C	C	C	B
Anhídrido Acético	C	C	C	C	C	A
Anhídrido Maleico	C	C	C	C	C	C
Anilina	C	C	C	B	C	C
Aire	A	A	A	A	A	A
Arocloros	C	C	C	C	C	C
Asfalto	B	B	B	C	B	C
Barrilha	A	A	A	A	A	A
Benzaldehído	C	C	C	C	C	-
Benceno	C	C	C	C	C	C
Bicarbonato de Sdio	A	A	A	B	A	A
Bifenil	C	C	C	C	C	C
Bisulfato de Sodio, Seco	A	A	A	B	A	A
Bisulfito de Calcio	C	C	C	C	C	A
Bisulfito de Sodio	A	A	A	A	A	A
Bórax	B	B	B	B	B	A
Bromuro de Metilo	C	C	C	C	C	C
Bromo	C	C	C	C	C	C
Butadieno	C	C	C	C	C	B
Butano	C	A	A	C	A	A
Butanol	A	A	A	A	A	A
Butanona (MEK)	C	C	C	C	C	C
n-Butil Amina	C	B	C	C	C	C
Carbonato Amónico	C	C	C	A	C	C

Anexo 4.2 (continuación)

**Tabla de Recomendaciones
Lámina Comprimidadas Teadit**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

Fluidos	U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
Carbonato de Sodio	A	A	A	A	A	A
Cerveza	A	A	A	A	A	A
Cetano (Hexadecano)	B	A	A	C	A	B
Cianuro de Potasio	A	A	A	A	A	A
Cianuro de Sodio	A	A	A	A	A	A
Ciclohexano	A	A	A	C	A	C
Ciclohexanol	A	A	A	C	A	B
Ciclohexanona	C	C	C	C	C	C
Cola, Base Proteína	A	A	A	A	A	A
Clordano	B	B	B	C	B	C
Cloruro de Aluminio	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Amonio	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Bario	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Benzilo	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Benzoílo	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Calcio	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Cobre	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Azufre	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Estaño	A	A	A	A	A	-
Cloruro de Etilo	B	B	B	C	B	C
Cloruro Férrico	A	A	A	A	A	B
Cloruro de Magnesio	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Metilo	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Mercurio	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Níquel	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Potasio	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Sodio (T < 50°C)	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Tionilo	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Vinilo	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Vinilideno	C	C	C	C	C	C
Cloruro de Zinc	A	A	A	A	A	A
Cloro (Seco)	C	B	B	B	B	B
Cloro (Húmedo)	C	C	C	C	C	C
Clorobenceno	C	C	C	C	C	C
Cloroformo	C	C	C	C	C	C
Cloropreno	C	C	C	-	C	-
Condensado	A	A	A	A	A	A
Creosota	A	A	A	C	A	C
Cresol	B	B	B	C	B	C
Cumeno	C	C	C	C	C	C
Decano	A	A	A	C	A	C
Dibromuro de Etileno	C	C	C	C	C	C
Dibromoetano	C	C	C	C	C	C
Dicloruro de Etileno	C	C	C	C	C	C
o-Diclorobenceno	C	C	C	C	C	C
Dicloroetano (1,1 ou 1,2)	C	C	C	-	C	-
Dicromato de Potasio	A	A	A	B	A	A
Dietanolamina	A	A	A	-	A	-
N,N-Dimetilanilina	C	C	C	C	C	C
Dimetilformamida	C	C	C	C	C	C

Anexo 4.2 (continuación)
Tabla de Recomendaciones
Láminas Comprimidas Teadit

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

Fluidos	U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
2,4-Dinitrotolueno	C	C	C	C	C	C
Dioxano	C	C	C	C	C	C
Dióxido de Carbono, Seco	B	A	A	A	A	A
Dióxido de Carbono, Húmedo	B	A	A	A	A	A
Dióxido de Cloro	C	C	C	C	C	C
Dióxido de Azufre	C	C	C	B	C	A
Disulfuro de Carbono	C	C	C	C	C	C
Dowtherm	C	C	C	C	C	C
Azufre, Fundido	C	C	C	C	C	C
Epiclorohidrina	C	C	C	C	C	B
Estireno	C	C	C	C	C	C
Etano	C	B	B	B	B	B
Etanol	A	A	A	A	A	A
Eteres	C	C	C	C	C	C
Eter Dibencílico	C	C	C	C	C	C
Eter Dietílico	C	C	C	C	C	C
Eter Dimetilico	B	A	A	C	A	C
Eter de Petróleo	A	A	A	C	A	A
Eter Etilico	B	B	B	C	B	B
Etil Benceno	C	C	C	C	C	C
Etil Celulosa	B	B	B	B	B	B
Etileno	C	A	A	B	A	C
Etileno Glicol	A	A	A	A	A	A
Fenol	C	C	C	C	C	C
Fluido de Transmisión A	A	A	A	C	A	C
Fluor, Gas	C	C	C	C	C	-
Fluor, Líquido	C	C	C	C	C	-
Fluoruro de Aluminio	A	A	A	A	A	A
Fluoruro de Hidrógeno	C	C	C	C	C	-
Fosfato de Sodio	A	A	A	A	A	A
Formaldehído	A	A	A	B	A	B
Fosfato Amónico	A	A	A	A	A	A
Freón 12	C	A	A	A	A	A
Freón 22	C	C	C	A	C	A
Freón 32	C	A	A	A	A	A
Ftalato de Dibutilo	C	C	C	C	C	C
Ftalato de Dimetilo	C	C	C	C	C	C
Furfural	C	C	C	C	C	C
Gas de Horno de Coque	C	C	C	C	C	C
Gas de Alto Horno	C	C	C	C	C	C
Gas de Gasógeno	C	A	-	C	A	B
Gas de Petróleo Licuado	C	A	A	C	A	B
Gas Natural - GLP	C	A	A	B	A	A
Gasolina	A	A	A	C	A	C
Gelatina	A	A	A	A	A	A
Glicerina	A	A	A	A	A	A
Glicol	A	A	A	A	A	A
Glucosa	A	A	A	A	A	A
Grasa	A	A	A	C	A	C
Heptano	A	A	A	C	A	B

Anexo 4.2 (continuación)**Tabla de Recomendaciones
Láminas Comprimidas Teadit**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

Fluidos	U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
Hexano	A	A	A	C	A	A
Hexona	B	B	B	-	B	-
Hidrazina	B	B	B	B	B	B
Hidrógeno	B	A	A	A	A	A
Hidroquinona	B	B	B	C	B	C
Hidróxido de Amoníaco 30% (T < 50°C)	A	A	A	C	A	A
Hidróxido de Bario	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de Calcio (T < 50°C)	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de Magnesio (T < 50°C)	B	B	B	B	B	A
Hidróxido de Potasio (T < 50°C)	B	B	B	B	B	A
Hidróxido de Sodio (T < 50°C)	B	B	B	B	B	A
Hidróxido de Sodio (T ≥ 50°C)	C	C	C	C	C	C
Hipoclorito de Calcio	B	B	B	C	B	A
Hipoclorito de Sodio	C	C	C	C	C	C
Yoduro de Metilo	C	C	C	-	C	-
Isooctano	A	A	A	C	A	A
Isoforona	C	C	C	C	C	C
Leche	A	A	A	A	A	A
Licor de Canã de Azúcar	A	A	A	A	A	A
Licor de Sulfato Verde	B	B	B	B	B	B
Lijia, Detergente	B	B	-	B	B	A
Metacrilato de Butilo	C	C	C	C	C	C
Metacrilato de Metilo	C	C	C	C	C	C
Metacrilato de Vinilo	C	C	C	C	C	C
Metano	C	A	A	C	A	B
Metanol	A	A	A	A	A	A
Metafosfato de Sodio	A	A	A	A	A	A
Metilcloroformo	C	C	C	-	C	-
Metiletilcetona	C	C	C	C	C	C
Metil Isobutil Cetona (MIBK)	C	C	C	C	C	C
Metil terc-Butil Eter (MTBE)	A	A	A	-	A	-
Mercurio	A	A	A	A	A	A
Monóxido de Carbono	B	A	A	B	A	B
Nafta	A	A	A	C	A	C
Naftaleno	C	C	C	C	C	C
Nitrato de Aluminio	A	A	A	A	A	A
Nitrato de Amonio	A	A	A	A	A	A
Nitrato de Calcio	A	A	A	A	A	A
Nitrato de Potasio	A	A	A	B	A	A
Nitrato de Plata	B	A	B	B	B	A
Nitrato de Propilo	C	C	C	C	C	C
Nitrato de Sodio	B	B	B	B	B	A
Nitrobenceno	C	C	C	C	C	C
Nitrógeno	A	A	A	A	A	A
Nitrometano	C	C	C	C	C	C
2-Nitropropano	C	C	C	C	C	C
Octano	A	A	A	C	A	C
Aceite en Bruto	B	B	B	C	B	C
Diesel	A	A	A	C	A	B
Combustible	A	A	A	C	A	C
Aceite Hidráulico – Base Petróleo	A	A	A	C	A	B

Anexo 4.2 (continuación)
Tabla de Recomendaciones
Láminas Comprimididas Teadit

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

Fluidos		U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
Aceite de Linaza		A	A	A	C	A	B
Aceites Lubrificantes		A	A	A	C	A	C
Aceite de Madera de China		A	A	A	C	A	B
Aceite de Maíz		A	A	A	C	A	B
Aceite Mineral		A	A	A	C	A	B
Aceite de Petróleo		A	A	A	C	A	B
Aceite de Ricino		A	A	A	A	A	A
Aceite de Semilla de Algodón		A	A	A	C	A	B
Aceite de Silicone		A	A	A	A	A	A
Aceite de Soja		A	A	A	C	A	C
Aceite de Transformador		B	A	A	C	A	B
Aceite de Tung		A	A	A	C	A	C
Aceite de Colza		B	B	B	C	B	C
Aceite Térmico Dowtherm		C	C	C	C	C	C
Aceite Vegetal		A	A	A	C	A	B
Orto-diclorobenceno		C	C	C	C	C	C
Óxido de Etileno		C	C	C	C	C	C
Óxido de Estireno		C	C	C	C	C	C
Óxido de Propileno		C	C	C	C	C	C
Oxígeno		C	C	C	C	C	B
Ozono		C	C	C	C	C	A
Pentano		A	A	A	C	A	B
Perborato de Sodio		B	B	B	B	B	B
Percloroetileno		B	B	B	C	B	C
Permanganato de Potasio		A	A	A	B	A	B
Peróxido de Sodio		B	B	B	B	B	B
Pentaclorofenol		A	A	A	-	A	-
Pentafluoreto de Yodo		C	C	C	C	C	C
Peróxido de Hidrógeno < 30%		A	A	A	B	A	B
Petróleo		A	A	A	B	A	B
Pimeno		B	B	B	C	B	C
Piperidina		C	C	C	C	C	C
Piridina		C	C	C	C	C	C
Propano		B	A	A	C	A	B
Propileno		C	C	C	C	C	C
Queroseno		A	A	A	C	A	B
Refrigerantes	11	C	B	B	C	B	A
	12	C	A	A	A	A	A
	13	C	A	A	A	A	A
	13 B1	C	A	A	A	A	A
	21	C	C	C	C	C	C
	22	C	C	C	A	C	A
	31	C	C	C	B	C	B
	32	C	A	A	A	A	A
	112	C	B	B	C	B	B
	113	C	A	A	B	A	A
	114	C	A	A	A	A	A
	114 B2	C	B	B	C	B	A
	115	C	A	A	A	A	A

Anexo 4.2 (continuación)

**Tabla de Recomendaciones
Láminas Comprimidas Teadit**

A: adecuado

B: consultar Teadit

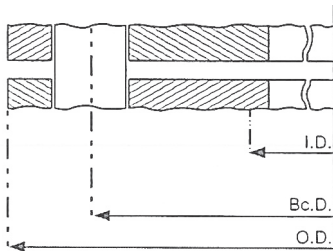
C: não recomendado

Fluidos		U60 NA	NA 1002 NA1006	1082 SAN	NA 1060	NA 1100	NA 1085
Refrigerantes	142b	C	A	A	A	A	A
	152a	C	A	A	A	A	C
	218	C	A	A	A	A	A
	502	C	B	B	A	B	-
	C316	C	A	A	A	A	A
	C318	C	A	A	A	A	A
Salmuera		A	A	A	A	A	A
Sebacato de Dibutilo		C	C	C	C	C	C
Silicato de Sodio		A	A	A	A	A	A
Skydrol		C	C	C	C	C	C
Soluciones de Detergente		A	A	A	B	A	B
Soluciones de Galvanización com Cromo		C	C	C	C	C	C
Soluciones de Jabón		A	A	A	A	A	A
Soluciones Clorados		C	C	C	C	C	C
Sulfato de Aluminio		A	A	A	B	A	A
Sulfato de Amoníaco		A	A	A	B	A	A
Sulfato de Cobre (T< 50°C)		A	A	A	A	A	A
Sulfato de Magnesio		A	A	A	A	A	A
Sulfato de Níquel		A	A	A	B	A	A
Sulfato de Potasio		A	A	A	A	A	B
Sulfato de Sodio		A	A	A	A	A	A
Sulfato de Zinc		A	A	A	B	A	A
Sulfato Férrico		A	A	A	A	A	A
Sulfuro de Bario		A	A	A	B	A	A
Sulfuro de Hidrógeno, Seco ou Úmido		C	C	C	C	C	B
Sulfuro Sodico		A	A	A	A	A	A
Tetrabromoetano		C	C	C	C	C	C
Tetracloruro de Carbono		B	B	B	C	B	C
Tetracloruro de Titanio		B	B	B	C	B	C
Tetracloroetano		B	B	B	C	B	C
Tetracloroetileno		C	C	C	C	C	C
Tetrahidrofurano (THF)		C	C	C	C	C	C
Tetraóxido de Nitrógeno		C	C	C	C	C	C
Tiosulfato Sódico		B	B	B	B	B	A
Tolueno		C	C	C	C	C	C
2,4-Toluenodiisocianato		C	C	C	C	C	C
1,1,2-tricloroetano		C	C	C	C	C	C
Tricloroetileno		C	C	C	C	C	C
Triclorotrifluoretano		C	A	A	C	A	C
Tricresilfosfato		C	C	C	C	C	C
Trietanolamina – TEA		B	B	B	B	B	A
Trietilaluminio		C	C	C	C	C	C
Trietilamina		C	C	C	-	C	-
Trifluoruro de Bromo		C	C	C	C	C	C
Trifluoruro de Cloro		C	C	C	C	C	C
Trióxido de Azufre		C	C	C	C	C	C
Whiskys y Vinos		A	A	A	A	A	A
Vapor de agua saturado		A	A	A	A	A	B
Barniz		C	C	C	C	C	C
Vinagre		B	B	B	B	B	A
Xileno		C	C	C	C	C	C

Anexo 4.3

Dimensiones de las juntas FF conforme ASME B16.21 para bridas ASME B16.5 Clases 150 y 300 psi - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Junta Tipo	Diámetro Interno	150 psi				300 psi			
			Diámetro externo	Círculo Peforación	Perforaciones		Diámetro Externo	Círculo Perforación	Perforaciones	
					Nº	Diámetro			Nº	Diámetro
1/2	FF	21	89	60.3	4	5/8	95	66.7	4	5/8
3/4	FF	27	98	69.9	4	5/8	115	82.6	4	3/4
1	FF	33	108	79.4	4	5/8	125	88.9	4	3/4
1 1/4	FF	42	117	88.9	4	5/8	135	98.4	4	3/4
1 1/2	FF	48	127	98.4	4	5/8	155	114.3	4	7/8
2	FF	60	152	120.7	4	3/4	165	127	8	3/4
2 1/2	FF	73	178	139.7	4	3/4	190	149.2	8	7/8
3	FF	89	191	152.4	4	3/4	210	168.3	8	7/8
3 1/2	FF	102	216	177.8	8	3/4	230	184.2	8	7/8
4	FF	114	229	190.5	8	3/4	255	200	8	7/8
5	FF	141	254	215.9	8	7/8	280	235	8	7/8
6	FF	168	279	241.3	8	7/8	320	269.9	12	7/8
8	FF	219	343	298.5	8	7/8	380	330.2	12	1
10	FF	273	406	362	12	1	445	387.4	16	11/8
12	FF	324	483	431.8	12	1	520	450.8	16	11/4
14	FF	356	533	476.3	12	1 1/8	585	514.4	20	11/4
16	FF	406	597	539.8	16	1 1/8	650	571.5	20	1 3/8
18	FF	457	635	577.9	16	1 1/4	710	628.6	24	1 3/8
20	FF	508	699	635	20	1 1/4	775	685.8	24	1 3/8
24	FF	610	813	749.3	20	1 1/8	915	812.8	24	1 5/8



I.D. - Diámetro Interno
O.D. - Diámetro Externo
Bc.D. - Diámetro del Círculo de Perforación

Figura 4.6

Anexo 4.4

Dimensiones de las juntas RF conforme ASME B16.21 para bridas ASME B16.5 Clases 150, 300, 400, 600, 900 psi - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Diámetro Externo				
		150	300	400	600	900
$\frac{1}{2}$	21	48	54	54	54	64
$\frac{3}{4}$	27	57	67	67	67	70
1	33	67	73	73	73	79
$1 \frac{1}{4}$	42	76	83	83	83	89
$1 \frac{1}{2}$	48	86	95	95	95	98
2	60	105	111	111	111	143
$2 \frac{1}{2}$	73	124	130	130	130	165
3	89	137	149	149	149	168
$3 \frac{1}{2}$	102	162	165	162	162	—
4	114	175	181	178	194	206
5	141	197	216	213	241	248
6	168	222	251	248	267	289
8	219	279	308	305	321	359
10	273	340	362	359	400	435
12	324	410	422	419	457	498
14	356	451	486	483	492	521
16	406	514	540	537	565	575
18	457	549	597	594	613	638
20	508	606	654	648	683	699
24	610	718	775	768	791	838

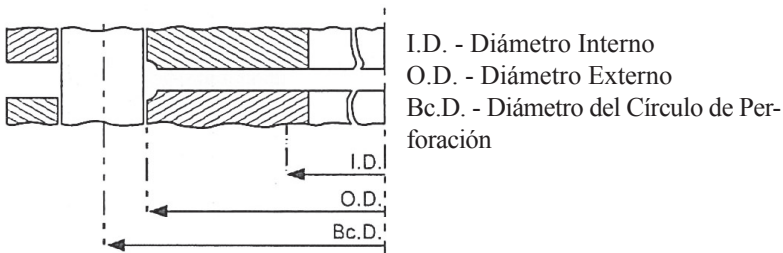


Figura 4.7

Anexo 4.5

Dimensiones de las juntas RF conforme ASME B16.21 para bridas ASME B16.47 Serie A

Clases 150, 300, 400 y 600 psi - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Diámetro Externo			
		150	300	400	600
22⁽¹⁾	559	660	705	702	733
26	660	775	835	832	867
28	711	832	899	892	914
30	762	883	953	946	972
32	813	940	1 006	1 003	1 022
34	864	991	1 057	1 054	1 073
36	914	1 048	1 118	1 118	1 130
38	965	1 111	1 054	1 073	1 105
40	1 016	1 162	1 114	1 127	1 156
42	1 067	1 219	1 165	1 178	1 219
44	1 118	1 276	1 219	1 232	1 270
46	1 168	1 327	1 273	1 289	1 327
48	1 219	1 384	1 324	1 346	1 391
50	1 270	1 435	1 378	1 403	1 448
52	1 321	1 492	1 429	1 454	1 499
54	1 372	1 549	1 492	1 518	1 556
56	1 422	1 607	1 543	1 568	1 613
58	1 473	1 664	1 594	1 619	1 664
60	1 524	1 715	1 645	1 683	1 721

Nota 1: la brida de 22" está incluido sólo como referencia porque no pertenece a ASME B16.47.

Nota 2: Ver **Figura 4.7** en la página 79.

Anexo 4.6**Dimensiones de las juntas RF conforme ASME B16.21 para bridas ASME B16.47 Serie B****Clases 75, 150, 300, 400 y 600 psi - dimensiones en milímetros**

Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Diámetro Externo				
		75	150	300	400	600
26	660	708	725	772	746	765
28	711	759	776	826	800	819
30	762	810	827	886	857	879
32	813	860	881	940	911	933
34	864	911	935	994	962	997
36	914	973	987	1 048	1 022	1 048
38	965	1 024	1 045	1 099	—	—
40	1 016	1 075	1 095	1 149	—	—
42	1 067	1 126	1 146	1 200	—	—
44	1 118	1 181	1 197	1 251	—	—
46	1 168	1 232	1 256	1 318	—	—
48	1 219	1 283	1 307	1 368	—	—
50	1 270	1 334	1 357	1 419	—	—
52	1 321	1 387	1 408	1 470	—	—
54	1 372	1 438	1 464	1 530	—	—
56	1 422	1 495	1 514	1 594	—	—
58	1 473	1 546	1 580	1 656	—	—
60	1 524	1 597	1 630	1 705	—	—

Nota 1: Ver **Figura 4.7** en la página 79.

Anexo 4.7

Dimensiones de las juntas FF conforme ASME B16.21 para bridas MSS SP-51 Clase 150LW - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Diámetro Externo	Diámetro Orificio	Número Orificios	Diám. Circ. Perforación
$\frac{1}{4}$	14	64	7/16	4	42.9
$\frac{3}{8}$	17	64	7/16	4	42.9
$\frac{1}{2}$	21	89	5/8	4	60.3
$\frac{3}{4}$	27	98	5/8	4	69.9
1	33	108	5/8	4	79.4
1 $\frac{1}{4}$	42	117	5/8	4	88.9
1 $\frac{1}{2}$	48	127	5/8	4	98.4
2	60	152	3/4	4	120.7
2 $\frac{1}{2}$	73	178	3/4	4	139.7
3	89	191	3/4	4	152.4
4	114	229	3/4	8	190.5
5	141	254	7/8	8	215.9
6	168	279	7/8	8	241.3
8	219	343	7/8	8	298.5
10	273	406	1	12	362
12	324	483	1	12	431.8

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.8

Dimensiones de las juntas FF según ASME B16.21 para bridas ASME B16.24 en aleación de cobre fundido Clases 150 y 300 psi - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Diám. Int.	Clase 150				Clase 300			
		Diám. Ext.	Número Orificios	Diám. Orificio	Diám. . Circ. Perforación.	Diám. Ext.	Número Orificios	Diám. Orificio	Diám. Circ. Perforación
$\frac{1}{2}$	21	89	4	5/8	60.3	95	4	5/8	66.7
$\frac{3}{4}$	27	98	4	5/8	69.9	117	4	3/4	82.6
1	33	108	4	5/8	79.4	124	4	3/4	88.9
1 $\frac{1}{4}$	42	117	4	5/8	88.9	133	4	3/4	98.4
1 $\frac{1}{2}$	48	127	4	5/8	98.4	156	4	7/8	114.3
2	60	152	4	3/4	120.7	165	8	3/4	127
2 $\frac{1}{2}$	73	178	4	3/4	139.7	191	8	7/8	149.2
3	89	191	4	3/4	152.4	210	8	7/8	168.3
3 $\frac{1}{2}$	102	216	8	3/4	177.8	229	8	7/8	184.2
4	114	229	8	3/4	190.5	254	8	7/8	200
5	141	254	8	7/8	215.9	279	8	7/8	235
6	168	279	8	7/8	241.3	318	12	7/8	269.9
8	219	343	8	7/8	298.5	381	12	1	330.2
10	273	406	12	1	362	—	—	—	—
12	324	483	12	1	431.8	—	—	—	—

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.9

Dimensiones de las juntas FF e RF conforme ASME B16.21 para bridas ASME B16.1

Clase 25 de Hierro Fundido - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Juntas RF	Juntas FF			
		Diámetro Externo	Diámetro Externo	Número Orificios	Diámetro Orificio	Diám. Circ. Perforación
4	114	175	229	8	3/4	190
5	141	200	254	8	3/4	216
6	168	225	279	8	3/4	241
8	219	283	343	8	3/4	298
10	273	346	406	12	3/4	362
12	324	416	483	12	3/4	432
14	356	457	533	12	7/8	476
16	406	521	597	16	7/8	540
18	457	559	635	16	7/8	578
20	508	616	699	20	7/8	635
24	610	730	813	20	7/8	749
30	762	892	984	28	1	914
36	914	1 064	1 168	32	1	1 086
42	1 067	1 232	1 346	36	1 1/8	1 257
48	1 219	1 397	1 511	44	1 1/8	1 422
54	1 372	1 568	1 683	44	1 1/8	1 594
60	1 524	1 730	1 854	52	1 1/4	1 759
72	1 829	2 067	2 197	60	1 1/4	2 095
84	2 134	2 394	2 534	64	1 3/8	2 426
96	2 438	2 724	2 877	68	1 3/8	2 756

Nota 1: Ver **Figura 4.7** en la página 79. Nota 2: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.10

Dimensiones de las juntas FF e RF conforme ASME B16.21 para bridas ASME B16.1

Clase 125 de Hierro Fundido - dimensiones en milímetros

Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Juntas RF	Juntas FF			
		Diámetro Externo	Diámetro Externo	Número Orificios	Diámetro Orificio	Diám. Circ. Perforación
1	33	67	108	4	5/8	79.4
1 ¼	42	76	117	4	5/8	88.9
1 ½	49	86	127	4	5/8	98.4
2	60	105	152	4	3/4	120.7
2 ½	73	124	178	4	3/4	139.7
3	89	137	191	4	3/4	152.4
3 ½	102	162	216	8	3/4	177.8
4	114	175	229	8	3/4	190.5
5	141	197	254	8	7/8	215.9
6	168	222	279	8	7/8	241.3
8	219	279	343	8	7/8	298.5
10	273	352	406	12	1	362
12	324	410	483	12	1	431.8
14	356	451	533	12	1 1/8	476.3
16	406	514	597	16	1 1/8	539.8
18	457	549	635	16	1 1/4	577.9
20	508	606	699	20	1 1/4	635
24	610	718	813	20	1 3/8	749.3
30	762	883	984	28	1 3/8	914.4
36	914	1 048	1 168	32	1 5/8	1 085.9
42	1 067	1 219	1 346	36	1 5/8	1 257.3
48	1 219	1 384	1 511	44	1 5/8	1 422.4

Nota 1: Ver **Figura 4.7** en la página 79.

Nota 2: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.11

Dimensiones de las juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 2,5			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Número Orificios	Diámetro Orificios (mm)	Diámetro Círculo Perforación (mm)
DN 10	18	75	4	11	50
DN 15	22	80	4	11	55
DN 20	27	90	4	11	65
DN 25	34	100	4	11	75
DN 32	43	120	4	14	90
DN 40	49	130	4	14	100
DN 50	61	140	4	14	110
DN 60 ⁽¹⁾	72	150	4	14	120
DN 65	77	160	4	14	130
DN 80	89	190	4	18	150
DN 100	115	210	4	18	170
DN 125	141	240	8	18	200
DN 150	169	265	8	18	225
DN 200	220	320	8	18	280
DN 250	273	375	12	18	335
DN 300	324	440	12	22	395
DN 350	356	490	12	22	445
DN 400	407	540	16	22	495
DN 450	458	595	16	22	550
DN 500	508	645	20	22	600
DN 600	610	755	20	26	705

⁽¹⁾ Solamente para bridas de hierro fundido.

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.11 (continuación)**Dimensiones de las juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensiones en mm**

EN 1514-1 FORM FF		PN 6			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Número Orificios	Diámetro Orificio (mm)	Diámetro Círculo Perforación (mm)
DN 10	18	75	4	11	50
DN 15	22	80	4	11	55
DN 20	27	90	4	11	65
DN 25	34	100	4	11	75
DN 32	43	120	4	14	90
DN 40	49	130	4	14	100
DN 50	61	140	4	14	110
DN 60 ⁽¹⁾	72	150	4	14	120
DN 65	77	160	4	14	130
DN 80	89	190	4	18	150
DN 100	115	210	4	18	170
DN 125	141	240	8	18	200
DN 150	169	265	8	18	225
DN 200	220	320	8	18	280
DN 250	273	375	12	18	335
DN 300	324	440	12	22	395
DN 350	356	490	12	22	445
DN 400	407	540	16	22	495
DN 450	458	595	16	22	550
DN 500	508	645	20	22	600
DN 600	610	755	20	26	705

⁽¹⁾ Solamente para bridas de hierro fundido.

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.11 (continuación)

Dimensiones de las juntas FF conforme DIN EN 1514-1 – dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 10			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Número Orificios	Diámetro Orificio (mm)	Diámetro Círculo Perforación (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60 ⁽¹⁾	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	220	8	18	180
DN 125	141	250	8	18	210
DN 150	169	285	8	22	240
DN 200	220	340	8	22	295
DN 250	273	395 ⁽²⁾	12	22	350
DN 300	324	445 ⁽²⁾	12	22	400
DN 350	356	505	16	22	460
DN 400	407	565	16	26	515
DN 450	458	615	20	26	565
DN 500	508	670	20	26	620
DN 600	610	780	20	30	725
DN 700	712	895	24	30	840
DN 800	813	1015	24	33	950
DN 900	915	1115	28	33	1050
DN 1000	1016	1230	28	36	1160
DN 1100	1120	1340	32	39	1270
DN 1200	1220	1455	32	39	1380
DN 1400	1420	1675	36	42	1590
DN 1500	1520	1785	36	42	1700
DN 1600	1620	1915	40	48	1820
DN 1800	1820	2115	44	48	2020
DN 2000	2020	2325	48	48	2230

⁽¹⁾ Solamente para bridas de hierro fundido.

⁽²⁾ Esta junta también es utilizada en bridas de 4 pernos.

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.11 (continuación)
Dimensiones de las juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 16			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Número Orificios	Diámetro Orificio (mm)	Diámetro Círculo Perforación (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	220	8	18	180
DN 125	141	250	8	18	210
DN 150	169	285	8	22	240
DN 200	220	340	12	22	295
DN 250	273	405 ⁽²⁾	12	26	355
DN 300	324	460 ⁽²⁾	12	26	410
DN 350	356	520	16	26	470
DN 400	407	580	16	30	525
DN 450	458	640	20	30	585
DN 500	508	715	20	33	650
DN 600	610	840	20	36	770
DN 700	712	910	24	36	840
DN 800	813	1025	24	39	950
DN 900	915	1125	28	39	1050
DN 1000	1016	1255	28	42	1170
DN 1100	1120	1355	32	42	1270
DN 1200	1220	1485	32	48	1390
DN 1400	1420	1685	36	48	1590
DN 1500	1520	1820	36	56	1710
DN 1600	1620	1930	40	56	1820
DN 1800	1820	2130	44	56	2020
DN 2000	2020	2345	48	62	2230

⁽²⁾ Esta junta también es utilizada en bridas de 4 pernos.

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.11 (continuación)
Dimensiones de las juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 25			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Número Orificios	Diámetro Orificio (mm)	Diámetro Círculo Perforación(mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	235	8	22	190
DN 125	141	270	8	26	220
DN 150	169	300	8	26	250
DN 200	220	360	12	26	310
DN 250	273	425	12	30	370
DN 300	324	485	16	30	430
DN 350	356	555	16	33	490
DN 400	407	620	16	36	550
DN 450	458	670	20	36	600
DN 500	508	730	20	36	660
DN 600	610	845	20	39	770
DN 700	712	960	24	42	875
DN 800	813	1085	24	48	990
DN 900	915	1185	28	48	1090
DN 1000	1016	1320	28	56	1210
DN 1100	1120	1420	32	56	1310
DN 1200	1220	1530	32	56	1420
DN 1400	1420	1755	36	62	1640
DN 1500	1520	1865	36	62	1750
DN 1600	1620	1975	40	62	1860
DN 1800	1820	2195	44	70	2070
DN 2000	2020	2425	48	70	2300

⁽²⁾ Esta junta también es utilizada en bridas de 4 pernos.

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.11 (continuación)
Dimensiones de las juntas FF conforme EN 1514-1 – dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM FF		PN 40			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Número Orificios	Diámetro Orificio (mm)	Diámetro Círculo Perforación (mm)
DN 10	18	90	4	14	60
DN 15	22	95	4	14	65
DN 20	27	105	4	14	75
DN 25	34	115	4	14	85
DN 32	43	140	4	18	100
DN 40	49	150	4	18	110
DN 50	61	165	4	18	125
DN 60 ⁽¹⁾	72	175	8	18	135
DN 65	77	185	8 ⁽²⁾	18	145
DN 80	89	200	8	18	160
DN 100	115	235	8	22	190
DN 125	141	270	8	26	220
DN 150	169	300	8	26	250
DN 200	220	375	12	30	320
DN 250	273	450	12	33	385
DN 300	324	515	16	33	450
DN 350	356	580	16	36	510
DN 400	407	660	16	39	585
DN 450	458	685	20	39	610
DN 500	508	755	20	42	670
DN 600	610	890	20	48	795

⁽¹⁾ Solamente para bridas de hierro fundido.

⁽²⁾ Esta junta también es utilizada en flanges de 4 parafusos.

Nota 1: Ver **Figura 4.6** en la página 78.

Anexo 4.12

Dimensiones de las juntas IBC según la EN 1514-1 – dimensiones en mm

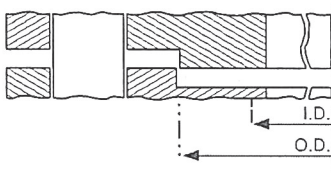
EN 1514-1 FORM IBC		PN 2.5	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63
Nominal Size	I.D. [mm]	O.D. [mm]						
DN 10	18	39	39	46	46	46	46	56
DN 15	22	44	44	51	51	51	51	61
DN 20	27	54	54	61	61	61	61	72
DN 25	34	64	64	71	71	71	71	82
DN 32	43	76	76	82	82	82	82	88
DN 40	49	86	86	92	92	92	92	103
DN 50	61	96	96	107	107	107	107	113
DN 60	72	-	106 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	117 ⁽¹⁾	123
DN 65	77	116	116	127	127	127	127	138
DN 80	89	132	132	142	142	142	142	148
DN 100	115	152	152	162	162	168	168	174
DN 125	141	182	182	192	192	192	194	210
DN 150	169	207	207	218	218	224	224	247
DN 175	169	-	-	-	-	-	-	277
DN 200	220	262	262	273	273	284	290	309
DN 250	273	317	317	328	329	340	352	364
DN 300	324	373	373	378	384	400	417	424
DN 350	356	423	423	438	444	457	474	486
DN 400	407	473	473	489	495	514	546	543
DN 450	458	528	528	539	555	564	571	
DN 500	508	578	578	594	617	624	628	
DN 600	610	679	679	695	734	731	747	
DN 700	712	784	784	810	804	833		
DN 800	813	890	890	917	911	942		
DN 900	915	990	990	1017	1011	1042		
DN 1000	1016	1124	1090	1124	1128	1154		
DN 1100	1120	-	-	1231	1228	1254		
DN 1200	1220	1290	1307	1341	1342	1364		
DN 1400	1420	1490	1524	1548	1542	1578		
DN 1500		-	-	1658 ⁽¹⁾	1654 ⁽¹⁾	1688 ⁽¹⁾		
DN 1600	1620	1700	1724	1772	1764	1798		
DN 1800	1820	1900	1931	1972	1964	2000		
DN 2000	2020	2100	2138	2182	2168	2230		
DN 2200	2220	2307	2348	2384				
DN 2400	2420	2507	2558	2594				
DN 2600	2620	2707	2762	2794				
DN 2800	2820	2924	2972	3014				
DN 3000	3020	3124	3172	3228				
DN 3200	3220	3324	3382					
DN 3400	3420	3524	3592					
DN 3600	3620	3734	3804					
DN 3800	3820	3931						
DN 4000	4020	4131						

⁽¹⁾ Solamente para bridas de hierro fundido.

Nota 1: Ver **Figura 4.7** en la página 79.

Anexo 4.13
Dimensiones de las juntas SR según la EN 1514-1
Dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM SR		PN 10	PN 16	PN 25	PN 40
Nominal Size	I.D. [mm]	O.D. [mm]			
DN 10	18	34	34	34	34
DN 15	22	39	39	39	39
DN 20	27	50	50	50	50
DN 25	34	57	57	57	57
DN 32	43	65	65	65	65
DN 40	49	75	75	75	75
DN 50	61	87	87	87	87
DN 65	77	109	109	109	109
DN 80	89	120	120	120	120
DN 100	115	149	149	149	149
DN 125	141	175	175	175	175
DN 150	169	203	203	203	203
DN 200	220	259	259	259	259
DN 250	273	312	312	312	312
DN 300	324	363	363	363	363
DN 350	356	421	421	421	421
DN 400	407	473	473	473	473
DN 450	458	523	523	523	523
DN 500	508	575	575	575	575
DN 600	610	675	675	675	675
DN 700	712	747	747	747	747
DN 800	813	882	882	882	
DN 900	915	987	987	987	
DN 1000	1016	1092	1092	1092	

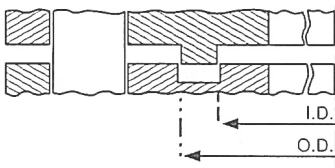


I.D. - Diámetro Interno
O.D. - Diámetro Externo

Figura 4.8

Anexo 4.13
Dimensiones de las juntas TG según la EN 1514-1
Dimensiones en mm

EN 1514-1 FORM TG		PN 10	PN 16	PN 25	PN 40
Nominal Size	I.D. [mm]	O.D. [mm]			
DN 10	24	34	34	34	34
DN 15	29	39	39	39	39
DN 20	36	50	50	50	50
DN 25	43	57	57	57	57
DN 32	51	65	65	65	65
DN 40	61	75	75	75	75
DN 50	73	87	87	87	87
DN 65	95	109	109	109	109
DN 80	106	120	120	120	120
DN 100	129	149	149	149	149
DN 125	155	175	175	175	175
DN 150	183	203	203	203	203
DN 200	239	259	259	259	259
DN 250	292	312	312	312	312
DN 300	343	363	363	363	363
DN 350	395	421	421	421	421
DN 400	447	473	473	473	473
DN 450	497	523	523	523	523
DN 500	549	575	575	575	575
DN 600	649	675	675	675	675
DN 700	751	777	777	777	
DN 800	856	882	882	882	
DN 900	961	987	987	987	
DN 1000	1062	1092	1092	1092	



I.D. - Diámetro Interno
O.D. - Diámetro Externo

Figura 4.9

JUNTAS DE PTFE

1. POLITETRAFLUOROETILENO - PTFE

Polímero desarrollado por Du Pont, que es comercializado con el nombre de Téflon.

Por causa de su excepcional resistencia química, es el plástico más utilizado para sellos industriales. Los únicos productos químicos que atacan el PTFE son los metales alcalinos en estado líquido y el flúor libre.

El PTFE posee también excelentes propiedades de aislamiento eléctrico, antiadherencia, resistencia al impacto y bajo coeficiente de fricción.

Los productos para sellado se obtienen a partir de la sinterización, extrusión o laminación del PTFE puro con aditivos, resultando en productos con características diversas.

2. TIPOS DE PLACAS DE PTFE

Diferentes tipos de placas de PTFE son utilizadas en la fabricación de juntas, para aplicaciones donde es necesaria elevada resistencia al ataque químico. Existen placas con propiedades diversas para atender las exigencias de cada aplicación. Los tipos de placas más utilizados, sus características, aplicaciones, ventajas y desventajas son analizados en esta sección.

2.1. PLACA DE PTFE MOLDEADA Y SINTERIZADA

Las placas de PTFE Moldeadas y Sinterizadas fueron las primeras que se introdujeron al mercado. Son fabricadas a partir de la resina de PTFE virgen o reprocesada, sin cargas o aditivos, con proceso de moldeo por prensado y sinterización. Como cualquier otro plástico, el PTFE posee una característica de escurrimiento cuando es sometido a una fuerza de compresión. Esta característica es extremadamente perjudicial en el rendimiento de una junta, obligando a reaprietes frecuentes para reducir o evitar pérdidas. Este escurrimiento es acentuado con la elevación de la temperatura.

2.2. PLACA DE PTFE MECANIZADA

Estas placas son fabricadas a partir de la mecanización de una barra de PTFE virgen o reprocesado. Este proceso fue desarrollado para superar las dificultades del proceso de moldeo en la fabricación de las placas de mayores dimensiones. Sin embargo, estas placas poseen las mismas deficiencias de escurrimiento que las placas moldeadas.

2.3. PLACA DE PTFE MECANIZADA CON CARGA

Para reducir el escurrimiento se utilizan cargas minerales o fibra de vidrio. En virtud del proceso de sinterización y mecanizado esta adición no es suficiente para reducir substancialmente el escurrimiento a temperaturas elevadas.

2.4. PLACA DE PTFE LAMINADO

Para reducir el escurrimiento un nuevo proceso fue desarrollado para producir placas de PTFE. Antes de la sinterización las placas pasan por un proceso de laminación creando una microestructura altamente fibrosa. El escurrimiento, sea en temperatura ambiente o en temperaturas elevadas, es substancialmente reducido. Para atender las diversas necesidades de resistencia química, varios aditivos son adicionados durante el proceso de fabricación, tales como Barita, Sílice o Microesferas hurcas de vidrio. Cada aditivo atiende una necesidad específica, pero pueden ser empleados en la mayoría de las aplicaciones comunes. Las placas de PTFE laminado Tealon* y Teadit® PL100 son analizadas en detalle en las siguientes secciones.

2.5. PTFE EXPANDIDO (ePTFE)

Como alternativa para reducir el escurrimiento del PTFE fue desarrollado el proceso de expansión antes de la sinterización. En este proceso los materiales para las juntas son expandidos en una dirección (cordones o cinta) o en dos direcciones (placas). Los productos de PTFE Expandido poseen excelente resistencia química y gran compresibilidad. En la Sección 5 de este Capítulo se muestran los diversos productos de PTFE Expandido Teadit®.

3. TEALON* – PLACAS DE PTFE LAMINADO (rPTFE)

Las placas de PTFE Laminado Tealon* fueron desarrolladas para atender los requisitos más elevados y exigidos en la fabricación de juntas de PTFE. Su proceso único de fabricación permite obtener una estructura altamente fibrosa que, en conjunto con aditivos seleccionados, resulta en un producto de calidad excepcional.

Las placas de TEALON* son añadidas con Barita, Sílice o Microesferas huecas de vidrio, conforme se describe a continuación.

**Tealon es marca registrada de Teadit.*

- **Tealon* TF1570:** placa de PTFE con Microesferas huecas de vidrio. Este aditivo produce placas con elevada compresibilidad usadas en bridas frágiles o revestidas, substituyendo con ventaja a las juntas de tipo sándwich (con película). Soluciones causticas fuertes pueden atacar el vidrio, por eso no es recomendado para este tipo de aplicaciones. Tiene presentación en color azul.
- **Tealon* TF1580:** placa de PTFE con Barita. Este material posee excepcional resistencia a los agentes cáusticos fuertes como la Soda Caustica. También satisface los requisitos de la Food and Drug Administration (FDA) para servicios con alimentos y productos farmacéuticos. De color blanco se utiliza también en aplicaciones donde existe riesgo de contaminación del producto.
- **Tealon* TF1590:** placa de PTFE con Sílice. Producto indicado para servicios con ácidos fuertes. También puede ser considerado como un producto para servicio general incluyendo soluciones cáusticas leves. Tiene presentación en color marrón.

3.1. ENSAYOS DE RENDIMIENTO

Las placas de Tealon* fueron sometidas a varios ensayos para comprobar su excepcional calidad. A continuación se muestran los resultados de los ensayos.

3.1.1. COMPRESION EN CALIENTE

Juntas de Tealon* TF1580, TF1590 y de placa de PTFE mecanizada con dimensiones ASME B16.21, DN 3/4" – Clase 150 psi fueron sometidas a una fuerza de aplastamiento de 100 MPa (15 000 psi) durante una hora a 260° C. La Figura 5.1 muestra el resultado del ensayo, donde se puede observar claramente el fenómeno de escurrimiento del PTFE. Las juntas de Tealon* mantuvieron su forma original.

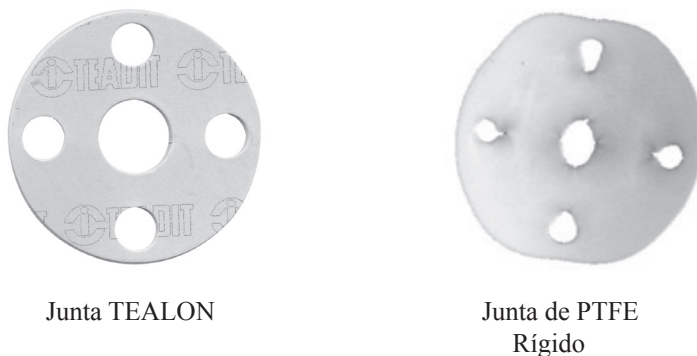


Figura 5.1

3.1.2. INMERSIÓN EN SODA CÁUSTICA A 110 °C

Para verificar el desempeño en servicios con productos cáusticos fuertes, muestras de Tealon* TF1580 y TF1590 fueron inmersas en solución de soda cáustica concentrada al 33%, 110° C durante 24 días. Durante este período las alteraciones de masa fueron registradas. La Figura 5.2 muestra el resultado del ensayo.

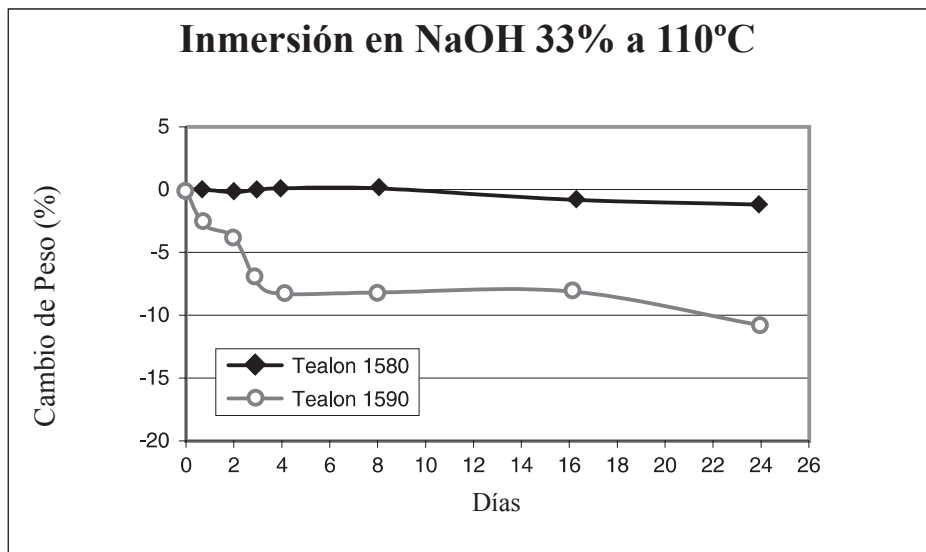


Figura 5.2

Como puede observarse, el TF1580 mostró su excepcional resistencia, no siendo atacado por la soda cáustica. La Sílice del TF1590 fue atacada y, por esta razón, este material no es recomendado para servicio con soda cáustica caliente.

3.1.3. INMERSION EN ÁCIDO SULFÚRICO A 85 °C

El desempeño del Tealon* TF1580 y TF1590 en servicios con productos ácidos fuertes fue constatado en inmersión en solución de ácido sulfúrico concentrado al 20%, a 85° C durante 8 días. Durante este período las alteraciones de masa fueron registradas. La Figura 5.3 muestra el resultado del ensayo.

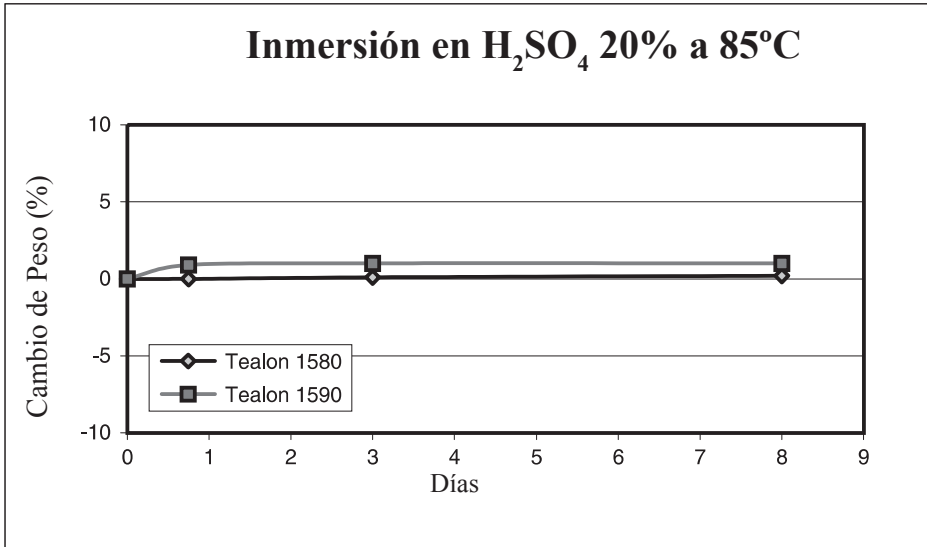


Figura 5.3

3.1.4. PÉRDIDAS CON CICLO TÉRMICO

Juntas de Tealon* TF1570 y de placa de PTFE mecanizada fueron sometidas a ensayos de Sellabilidad para comparar su desempeño con ciclo térmico. Las juntas fueron instaladas en condiciones similares, de acuerdo con el procedimiento descrito a continuación:

- Instalar juntas con aplastamiento de 35 MPa (5 000 psi).
- Aguardar 30 minutos y volver a aplicar la presión de aplastamiento de 35 MPa (5 000 psi).
- Elevar la temperatura para 200° C.
- Presurizar el aparato de ensayo con 42 bar (600 psi) y cerrar la entrada de Nitrógeno hasta el final del ensayo.
- Mantener la temperatura constante a 200° C durante 4 horas.
- Desconectar el sistema de calentamiento y dejar enfriar el dispositivo de ensayo.
- Cuando la temperatura alcance los 30° C conectar nuevamente el sistema de calentamiento hasta la temperatura alcance 200° C y mantener durante 30 minutos.
- Este ciclo se repitió dos veces.
- Registrar la temperatura, presión del N_2 y presión de aplastamiento.

El resultado del ensayo se muestra en los gráficos de las Figuras 5.4 y 5.5. La primera figura muestra que la caída de presión del TF1570 es despreciable a medida que la del PTFE mecanizado es más del 50% de la presión inicial.

El motivo de esta acentuada pérdida es la reducción en la presión de aplastamiento provocada por el escurrimiento del PTFE mecanizado, conforme se muestra en la Figura 5.5.

Este ensayo es una demostración práctica de las diferencias entre el PTFE mecanizado y los productos laminados como el Tealon. La estructura fibrosa y los aditivos del Tealon reducen significativamente su escurrimiento, uno de los grandes problemas de las juntas de PTFE.

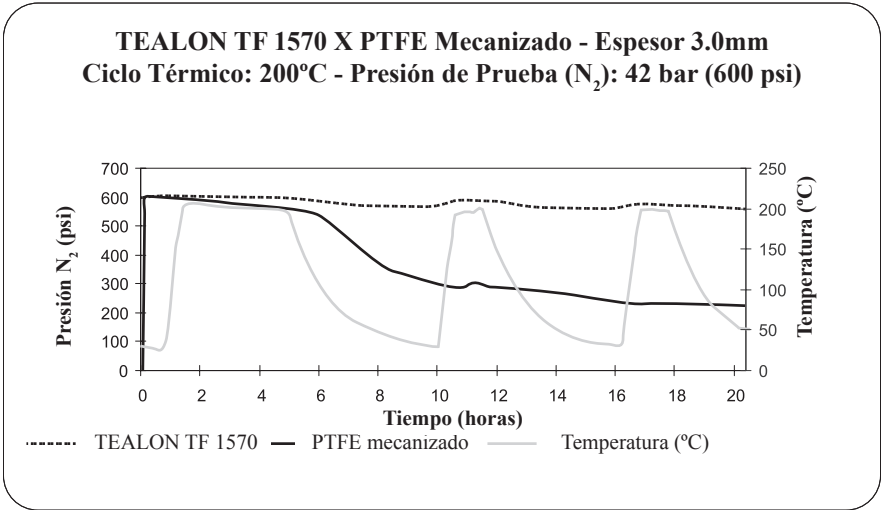


Figura 5.4

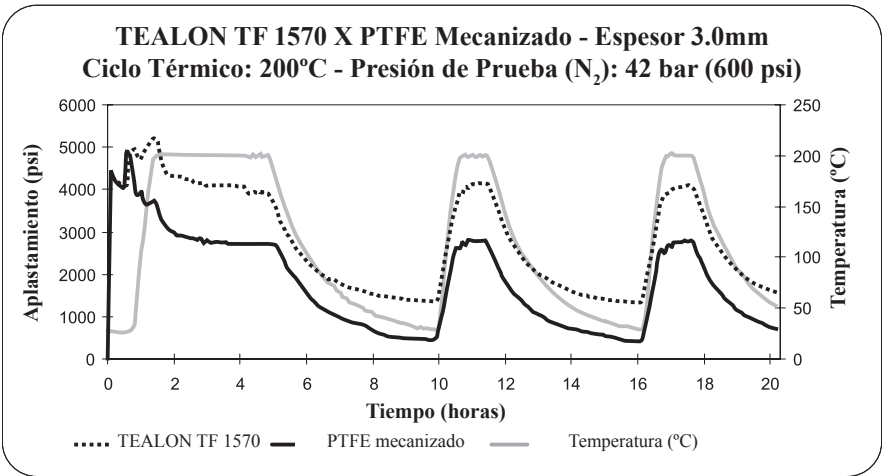


Figura 5.5

3.1.5. RESISTENCIA A LA PRESIÓN (ENSAYO HOB-T-2)

Juntas de TF1570, TF1580 y TF1590 fueron sometidas a ensayos en el Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM) y por el Tightness Testing and Research Laboratory (TTRL) de la Universidad de Montreal para verificar su resistencia a la presión a temperatura elevada. El procedimiento empleado fue el Hot Blow-Out (HOB-T-2), cuya descripción en resumen es la siguiente:

- Bridas ASME B16.5 DN 3" – Clase 150.
- Gas de ensayo: Helio.
- Presión de ensayo: 435 psi.
- Presión de aplastamiento de la junta: 5000 psi.
- Procedimiento del ensayo: la junta es instalada y el dispositivo presurizado. Seguidamente la temperatura se eleva hasta que la junta falle o alcance 360° C.

Los ensayos presentaron los siguientes resultados:

- TF1570: resistió hasta 276° C.
- TF1580: resistió hasta 313° C.
- TF1590: resistió hasta el final del ensayo, alcanzando la temperatura máxima de 360° C sin fallar.

3.1.6. SERVICIO CON GAS CALIENTE (DIN 3535 - DVGW)

Juntas de TF1580 y TF1590 fueron sometidas a pruebas por el DVGW – Deutscher Verein des Gasund Wasserfaches e.V. para verificar la comprensión de la Norma DIN 3535 [19] que establece las condiciones de ensayo para el servicio con gas caliente.

3.1.7. SERVICIO CON OXÍGENO (APROBACION BAM)

Juntas de TF1580 y TF1590 fueron sometidas a pruebas por la Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM), de Berlín, Alemania, para servicio con oxígeno líquido o gaseoso presión hasta 83 bar y 250° C.

3.1.8. SERVICIO EN REFINERÍAS Y INDUSTRIAS QUÍMICAS (TA-Luft)

Juntas de TF1570, TF1580 y TF1590 fueron sometidas a pruebas por la Staatliche Materialprüfungsanstalt – Universität Stuttgart para verificar el cumplimiento de la Norma VDI 2440 [4], que establece criterios para aprobación de juntas para el uso en refinerías de petróleo e industrias químicas en Alemania. La pérdida máxima admitida con Helio es de 10^{-4} mbar-l/(s-m). Los resultados estan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1
Tealon® TA-Luft Test Results

Producto	Tasa de Fuga - mbar·l/(s·m)
TF1570	$3.7 \cdot 10^{-6}$
TF1580	$5.9 \cdot 10^{-7}$
TF1590	$1.1 \cdot 10^{-6}$

3.2. PLACAS TEALON* TF1570

El Tealon* TF1570 en virtud de la alta compresibilidad proporcionada por la adición de microesferas huecas de vidrio es el indicado para trabajar con bridas frágiles, con revestimiento de vidrio o que presenten deformaciones o irregularidades. Es recomendado para servicios con ácidos fuertes, productos alcalinos, solventes, gases, agua, vapor, hidrocarburos y productos químicos en general. Las principales características del Tealon* TF1570 están en la Tabla 5.2.

Tiene presentación en color azul en placas de 1 500 mm x 1 500 mm con espesores de 0.8 mm a 6.4 mm.

3.3. PLACAS TEALON* TF1580

El Tealon* TF1580 es fabricado con resina de PTFE virgen en Barita. Es recomendado para servicios con productos alcalinos y ácidos fuertes, solventes, gases, agua, vapor, hidrocarburos y productos químicos en general. También satisface los requisitos de la Food and Drug Administration (FDA) para servicios con alimentos y productos farmacéuticos. Las principales características del Tealon* TF1580 están en la Tabla 5.2.

Tiene presentación en color blanco en placas de 1 500 mm x 1 500 mm con espesores de 0.8 mm a 6.4 mm.

3.4. PLACAS TEALON* TF1590

El Tealon* TF1590 es fabricado con resina de PTFE virgen en Sílice. Es recomendado para servicios con ácidos fuertes, productos alcalinos moderados, solventes, gases, agua, vapor, hidrocarburos y productos químicos en general. Las principales características del Tealon* TF1590 están en la Tabla 5.2.

Tiene presentación en color marrón en placas de 1 500 mm x 1 500 mm con espesores de 0.8 mm a 6.4 mm.

Tabla 5.2
Características típicas do Tealon*

Características		Método de Ensayo	TF1570	TF1580	TF1590
Temperatura Mínima (°C)		-	-269	-269	-269
Temperatura Máxima (°C)		-	+260	+260	+260
Presión máxima (bar)		-	55	83	83
Rango de pH		-	0 a 14	0 a 14	0 a 14
Factor P x T (bar x °C)	Espesor 1.5mm		12 000	12 000	12 000
	Espesor 3.0mm		8 600	8 600	8 600
Compresibilidad a 5000 psi (%)		ASTM F 36 A	25 - 40	4 - 10	5 - 15
Recuperación a 5000 psi (%)		ASTM F 36 A	30	40	40
Tensión de rotura (MPa)		ASTM 152	14	14	14
Peso específico (g/cm³)		ASTM F 1315	1.70	2.90	2.10
Relajamiento (%)		ASTM F 38	40	15	18
Sellabilidad (ml/h a 0.7 bar)		ASTM F 37A	0.12	0.04	0.20
Sellabilidad (cm³/min)		DIN 3535	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Ensayos ASTM se realizan en placas con espesor 0.80 mm y los ensayos DIN en placas con 2.0 mm de espesor					

3.5. TABLA DE COMPATIBILIDAD QUÍMICA

El Anexo 5.1 presenta la tabla de compatibilidad química de los diversos tipos de Tealon* con productos químicos más comunes en la industria. La Tabla de Resistencia Química de los productos de PTFE Teadit fue elaborada en base a resultados de laboratorio, experiencia en campo y datos de literatura técnica, considerando el “fluido puro”.

3.6. FACTORES PARA CÁLCULO DE JUNTAS

Las constantes para el cálculo según el código ASME están en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3
Factores para Cálculo ASME

Propiedades	TF1570		TF1580		TF1590	
	Espesor - mm		Espesor - mm		Espesor - mm	
	1/16	1/8	1/16	1/8	1/16	1/8
m	2	2	2	2	4.4	3.5
y - psi	1 500	1 500	1 800	1 500	2 500	2 000
Sg _{max} – Tensión Máxima de Aplastamiento MPa (psi)	140 (20 000)	100 (14 000)	140 (20 000)	100 (14 000)	140 (20 000)	100 (14 000)
Sg _{min-s} – Tensión Mínima de Aplasta- miento de la Insta- lación MPa (psi)	15 (2180)	20 (2900)	25 (3600)	20 (2900)	25 (3600)	22 (3200)
Sg _{min-o} – Tensión Mínima de Aplasta- miento durante la Instalación MPa (psi)	10 (1450)	10 (1450)	7 (1020)	10 (1450)	10 (1450)	8 (1160)
Fracción de Re- lajamiento a 80 MPa/100C ϕ_g	0.66	0.57	0.58	0.58	0.69	0.64
Rotación Máxima $\Theta_{g_{max}}$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

4. TEADIT® PL 100 - PLACAS DE PTFE LAMINADO

Teadit® PL 100 es una placa de elevada compresibilidad, fabricada con PTFE, mediante un proceso único de laminación, con un alto nivel de fibrosidad, lo que proporciona reducida pérdida del apriete y el escurrimiento, deficiencias inherentes a las placas mecanizadas (Skived) o moldeadas existentes en el mercado.

Debido a las propiedades químicas del PTFE, Teadit® PL 100 es ideal para el sellado de una gran variedad de fluidos químicamente agresivos. A través del proceso de fabricación de Teadit® PL 100 se obtiene una placa rígida y con baja densidad, que facilita la confección de juntas leves y estructuradas, permitiendo su instalación incluso en ubicaciones de difícil acceso y con poco espacio para la apertura de las bridas. Su alta compresibilidad posibilita, también, que las juntas fabricadas con Teadit® PL 100 puedan ser utilizadas en bridas o superficies irregulares. Sus propiedades antiadherentes facilitan la retirada de las juntas después del uso, sin que resten residuos de material en las bridas. Las principales características del Teadit® PL 100 están en la Tabla 5.4, los parámetros de aplicación en la Tabla 5.5 y los factores para el cálculo de juntas en la Tabla 5.6.

Tiene presentación en color blanco en placas de 1 500 mm x 1 500 mm con espesores de 1.5 mm, 2.0 mm e 3.0 mm. Otros espesores bajo consulta.

Tabla 5.4
Características Típicas del Teadit® PL 100

Propiedades Físicas	Método de Ensayo	Quimflex® PL 100
Color		Blanco
Sellabilidad (ml/h)	ASTM F 37A	< 0.025
Relajamiento (%)	ASTM F 38	45
Compresibilidad (%)	ASTM F 36A	50
Recuperación Mín. (%)	ASTM F 36A	16
Resistencia a la Tracción (MPa)	ASTM F 152	8
Retención de Torque (MPa)	DIN 52913	13

Los ensayos ASTM están basados en placas de espesor 0.80mm y el ensayo DIN en placas de espesor 2.0 mm.

Tabla 5.5
Parámetros de Operación del Teadit® PL 100

Parámetros de Operación	Teadit® PL 100
Temperatura máxima (°C)	260
Temperatura mínima (°C)	-268
Presión máxima (bar)	55
pH	0-14
Presión x Temperatura	bar x °C
Espesor de 1,5 mm	12.000
Espesor de 3,0 mm	8.600
Presentación	Placas de 1 500 x 1 500 mm
Espesores	1.5 , 2.0 e 3.0 mm (otras, bajo consulta)

Tabla 5.6
Factores para Cálculo de Juntas de Teadit® PL 100

m	2
y - psi	2 800
Sg_{max} – Tensión Máxima de Aplastamiento MPa (psi)	190 (27 500)
Sg_{min-s} – Tensión Mínima de Aplastamiento de la Instalación MPa (psi)	40 (6 525)
Sg_{min-o} – Tensión Mínima de Aplastamiento durante la Operación MPa (psi)	10 (1 450)
Fracción de Relajamiento a 100 MPa/150C ϕg	0,58
Rotación Máxima Θg_{max}	0.7

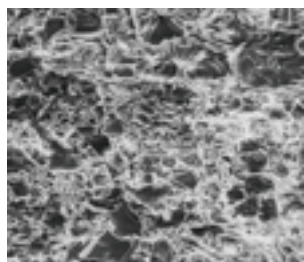
5. PTFE EXPANDIDO (ePTFE) TEADIT®

Producto obtenido a partir de la extrusión y expansión del PTFE. Posee todas sus características de resistencia química, pero, en virtud del proceso de expansión y orientación de las cadenas atómicas, tiene el escurrimiento en frío substancialmente reducido.

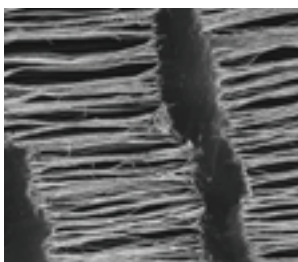
El proceso de fabricación produce una microestructura fibrosa que confiere al PTFE Expandido Teadit® (ePTFE) una elevada resistencia a altas presiones, reduciendo la densidad original del material entre 50% a 70%.

La figura 5.6 muestra imágenes obtenidas con SEM (Scanning Eletron Microscope) de 3 tipos de estructura de PTFE. La imagen de la izquierda es PTFE sin expansión y las otras muestran los efectos de la expansión mono y multidireccional.

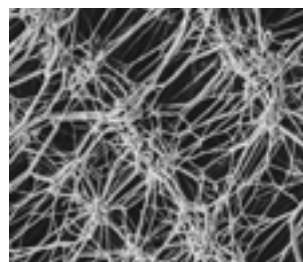
El ePTFE es altamente flexible, tiene excelente maleabilidad, adecuándose fácilmente a las superficies de sellado irregulares o dañadas.



NO-EXPANSION



MONOAXIAL EXPANSION



BI-AXIAL EXPANSION

Figura 5.6

5.1. CARACTERISTICAS DEL PTFE EXPANDIDO (ePTFE) TEADIT®

Las principales características del ePTFE se listan a continuación:

- PTFE puro, sin aditivos o cargas, para mayor resistencia a los productos químicos. Rango de pH de 0 a 14.
- Rango de temperatura de -268°C a $+270^{\circ}\text{C}$, en servicio continuo o hasta $+310^{\circ}\text{C}$ en picos (períodos cortos de tiempo).

- Presión de trabajo de vacío a 200 bar.
- Bajo relajamiento, reduciendo el reapriete frecuente de los pernos.
- Elevada compresibilidad: muy utilizada en bridas frágiles, así como en vidrio, cerámica y PVC.
- Se adecua fácilmente a las irregularidades de la superficie de sellado, como grietas, marcas de corrosión y ondulaciones.
- Juntas de PTFE expandido pueden ser utilizadas de vacío a alta presión con gran eficiencia.
- Fisiológicamente inerte: no tiene olor o sabor, no es tóxico o contaminante.
- No sufre ataque por microorganismos o hongos.
- Cumple a las exigencias del FDA (Food and Drug Administration – USA) para el uso en contacto con productos alimenticios y productos farmacéuticos.
- No posee sustancias lixiviables.
- Vida ilimitada, el ePTFE Tedit® no altera sus propiedades con el tiempo, no envejece o deteriora.
- No sufre ataque de agentes atmosféricos y luz solar (UV).

En el trabajo de investigación “La influencia de la temperatura elevada en la relajación por fluencia de varios métodos de producción de juntas de PTFE” [56] presentado en la Conferencia ASME / PVP1018, se analizaron las diferencias en las propiedades entre los diferentes tipos de juntas de ePTFE.

5.1.1. RELAJACIÓN A ALTA TEMPERATURA (P_{QR}) - NORMA EN 13555

La norma EN 13555 [50] define métodos de prueba para determinar varias propiedades de las juntas, incluida la relajación a temperatura elevada. El parámetro PQR es la relación entre el apriete residual e inicial de una prueba de relajación en condiciones controladas. El procedimiento consiste en aplastar la junta, en un equipo específico, a una velocidad de 0.1 MPa / s hasta alcanzar la tensión deseada. El apriete se mantiene durante 5 min. En esta etapa, el espesor de la junta se registra como el espesor inicial, después de lo cual la temperatura se incrementa a una velocidad de 2 °K / min hasta la temperatura deseada, que luego se mantiene constante durante un período de 4 horas. Después de este período de tiempo, se registran la tensión final y el espesor de la junta. El valor PQR se calcula como la relación entre el apriete final y el inicial.

Los productos de ePTFE tienen valores de PQR más altos en comparación con las placas de PTFE moldeadas o mecanizadas, como se muestra en la Figura 5.7

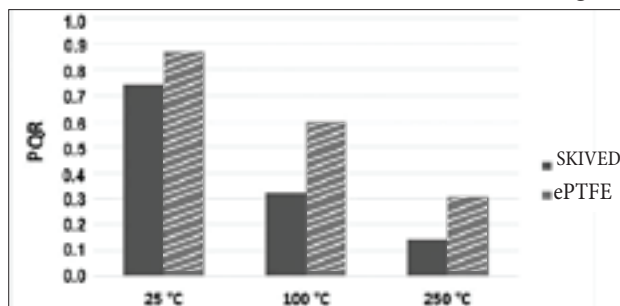


Figura 5.7

Es importante agregar que incluso entre los productos de ePTFE de diferentes fabricantes, esta propiedad puede presentar diferencias significativas dependiendo de la calidad de la resina y el proceso de producción empleado. En la Figura 5.8, se comparan las muestras obtenidas en el mercado. Como se puede ver, las diferencias se acentúan con el aumento de la temperatura.

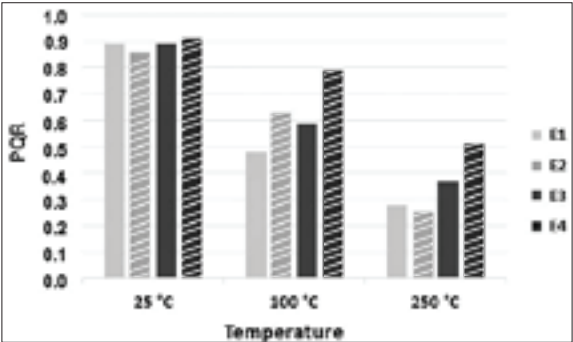


Figure 5.8

5.1.2. APRIETE MÁXIMO (Q_{SMAX}) - NORMA EN 13555

La norma EN 13555 también define el procedimiento para determinar el apriete máximo de una junta (Q_{smax}), que es el esfuerzo máximo que se puede aplicar a la superficie de la junta a una temperatura determinada, sin provocar el colapso o la capacidad de sellar satisfactoriamente. Para las juntas de ePTFE, el procedimiento de prueba para determinar este parámetro de sellado consiste en elevar la temperatura de la junta, a una velocidad de 2 °K / min, hasta el valor de temperatura de prueba. Manteniendo la temperatura constante, la tensión en la junta se aumenta y se reduce progresivamente, en ciclos, como se muestra en la Tabla 5.7. Para cada ciclo, se registra la disminución del espesor. El apriete máximo, Q_{smax}, es aquel en el que la junta no muestra signos de rotura o intrusión del diámetro interno, lo que puede interferir con el flujo de fluido en la tubería.

Tabla 5.7
Ciclo de apriete / aflojamiento

Ciclo	Apriete (MPa)	Desapriete (MPa)
1º	20	2
2º	30	10.0
3º	40	13.3
4º	50	16.7
5º	60	20.0
etc	Cada 20 MPa	Cada 6.7 MPa

Al igual que la relajación, el apriete máximo (Q_{smax}) depende de la calidad de la

resina y del proceso de fabricación utilizado. En la Figura 5.9, se comparan diferentes muestras de ePTFE obtenidas en el mercado.

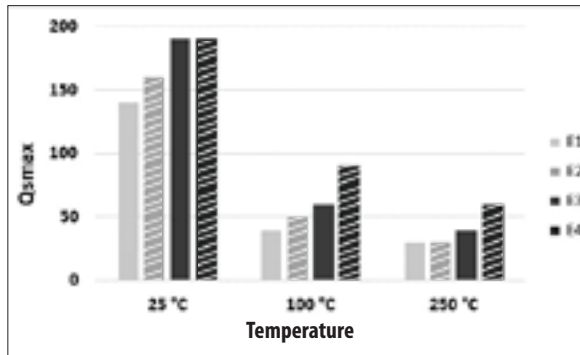


Figura 5.9

Al igual que la relajación, el apriete máximo (Qsmax) es una propiedad crítica que depende de la calidad de la resina y del proceso de fabricación utilizado.

Por lo tanto, la selección adecuada de la materia prima y el proceso de producción de la junta de ePTFE, que incluye tanto el tipo apropiado de resina como el proceso de fabricación, es esencial para proporcionar un sellado confiable, especialmente cuando el proceso requiere alta temperatura. Se recomienda que las propiedades de la junta a aplicar se evalúen de acuerdo con los requisitos operativos de la aplicación.

5.2. CINTAS Y LÁMINAS DE PTFE EXPANDIDO

Láminas y Cintas son fabricadas a partir del proceso de expansion al PTFE virgen, usando un procedimiento propio que produce una estructura uniforme y altamente fibrilada con una Resistencia a la tension en todas las dimensiones. El producto final muestra características significativamente diferentes que el PTFE convencional. Es un producto blando y más flexible, facil para conformar en superficies con daños o irregulares. Es adicionalmente más compresible y tiene reducido relajamiento en frio y al creep. Las láminas son ideales para realizar juntas cortadas y troqueladas, bridas con área de sellado restringida o donde un ancho fijo es necesario.

5.3. JUNTA AUTOADHESIVA TEADIT® 24B

Una de las formas más comunes del PTFE Expandido Teadit® para el uso en sellado industrial es el de perfil rectangular con autoadhesivo en uno de los lados.

La extrusión y expansión produce fibras con orientación axial de elevada resistencia mecánica longitudinal. Durante el proceso de aplastamiento de la junta el material reduce su espesor al mismo tiempo que incrementa su ancho. El espesor final es bastante reducido disminuyendo la fuerza radial y, con eso, la tendencia a expulsar la junta (blow-out).

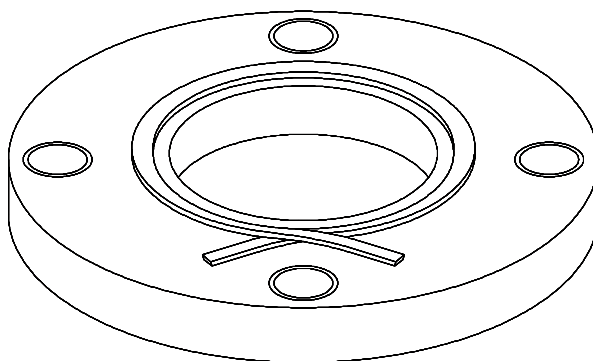


Figura 5.10

Tabla 5.8
Dimensiones de los Perfiles

Diámetro Nominal de la Brida (mm)	Dimensión del perfil ancho x espesor - mm
hasta 50	3 x 1.5
de 50 a 200	5 x 2.0
de 200 a 600	7 x 2.5
de 600 a 1500	10 x 3.0
mayor que 1500	12 x 4.0
	17 x 6.0
	20 x 7.0
	25 x 10.0

Para bridas estandarizadas las dimensiones recomendadas están en la Tabla 5.8. Para bridas especiales el ancho de la cinta 24B debe ser de 1/3 a 1/2 del ancho disponible para el sellado. Para bridas muy dañadas o irregulares, utilizar el mayor espesor posible.

5.4. PLACAS TEADIT® 24SH Y CINTAS 25BI

El proceso de estirado bi-axial permite la fabricación de láminas y cintas de PTFE expandido con resistencia en las dos direcciones. El resultado es un material extremadamente compresible lo que no altera sus dimensiones de ancho y longitud al ser aplastado.

Esta propiedad se obtiene a través de la estructura balanceada de las fibras en la longitud y ancho de la lámina o cinta. La resistencia cruzada es ideal para la fabricación de juntas de pared estrecha o bridas lisas con bajo coeficiente de fricción con la junta.

Se mantienen las mismas características de elevada compresibilidad para el uso en bridas con superficies de sellado distorsionadas, corrugadas o curvadas.

Las cintas pueden ser provistas con o sin autoadhesivo en uno de los lados para facilitar la instalación de la junta.

Dimensiones de fabricación:

- Ancho: 10, 15, 20, 25, 30mm
- Espesor: 3.0 e 6.0mm

Tiene presentación en láminas de 1500 mm x 1500 mm con espesores de 1.5 mm, 3.0 mm y 6.0 mm.

5.5. FACTORES PARA CALCULO DE JUNTAS

Los factores para el cálculo de las juntas de ePTFE están en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9
Factores para Cálculo ASME

Parámetros técnicos	Espesor - in	
	1/16	1/8
m	2	2
y (psi)	2 800	2 800
Sg_{max} – Tensión Máxima de Aplastamiento MPa (psi)	238 (34 500)	190 (27 500)
Sg_{min-s} – Tensión Mínima de Aplastamiento de la Instalación MPa (psi)	30 (4 350)	35 (5 075)
Sg_{min-o} – Tensión Mínima de Aplastamiento durante la Operación MPa (psi)	12 (1 740)	10 (1 450)
Relaxation fraction at 100 MPa/150C ϕ_g	0,60	0,48
Rotación Máxima $\Theta_{g_{max}}$	0.7	0.7

5.6. PLACAS TEADIT® 30SH

Para cumplir con los requisitos recientes de las autoridades europeas, se desarrolló la placa Teadit® 30SH ePTFE, que proporciona una relajación reducida y un alto aplastamiento máximo a alta temperatura.

La última edición del estándar de cálculo de bridas EN 1591-1 exige una mejora sustancial en las propiedades mecánicas de los materiales de las juntas. En particular, para las juntas de PTFE, la relajación y la máxima estanqueidad son de gran importancia en el nuevo método de cálculo.

Las normas EN 13555 [50], EN 1591-1 [51] y las Directrices VCI para la instalación de juntas [58] requieren que las juntas de PTFE tengan las siguientes características:

- Valor de relajación, PQR, superior a 0,75 en temperatura ambiente y 0,45 a temperatura de funcionamiento, a partir de un apriete inicial de 30 MPa.

- Máxima fuga permitida con helio a 40 bar de 0.01 mg / (s.m), con un apriete de 30 MPa.
- Apriete maximo (Qsmax) superior a 150 MPa a temperatura ambiente.

Las juntas convencionales de PTFE no cumplen con los requisitos de estas normas. Esto requiere resinas de PTFE de alto peso molecular y un proceso de fabricación de alta tecnología. El nuevo producto ePTFE Teadit® 30SH presenta una fibrilación más grande y homogénea en su estructura molecular. La directriz VCI para la instalación de juntas que requiere en su “Apéndice C” el valor mínimo de PQR de 0.45 a la temperatura de funcionamiento, para el Teadit® 30SH esta temperatura es 260°C. Las excepcionales propiedades mecánicas del Teadit® 30SH permiten el cálculo de bridas según la norma EN 1591-1 en las más diversas dimensiones.

Las principales propiedades del Teadit 30SH son las siguientes.

Tabla 5.10
Valores de Qs para Teadit® 30SH

Tensión mínima de instalación $Q_{min/L}$ (em instalación), $Q_{Smin/L}$ (em operación) para presión = 40 bar $Q_{Smin/L}$ [MPa]							
L [mg/s*m]	$Q_{min/L}$ [MPa]	$Q_A=20$ MPa	$Q_A=30$ MPa	$Q_A=40$ MPa	$Q_A=60$ MPa	$Q_A=80$ MPa	$Q_A=100$ MPa
10^{-0}	14	10	10	10	10	10	10
10^{-1}	25		10	10	10	10	10
10^{-2}	36			10	10	10	10
10^{-3}	45				10	10	10
10^{-4}	54				10	10	10
10^{-5}	71					10	10

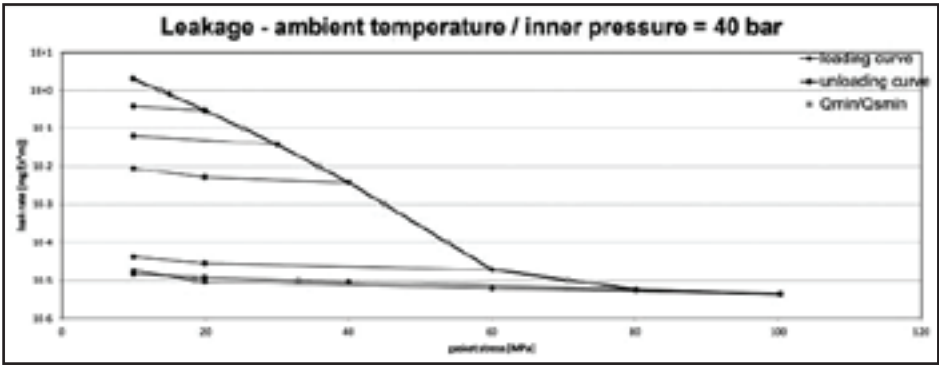


Figura 5.11

Tabla 5.11
Valores de P_{QR} e Q_{SMAX} para Teadit® 30SH

Fracción de relajación P_{QR}						
Tensión de la Junta	Temperatura 1 [21°C]		Temperatura 2 [150°C]		Temperatura 3 [230°C]	
	P _{QR}	Δe _{Gc} [mm]	P _{QR}	Δe _{Gc} [mm]	P _{QR}	Δe _{Gc} [mm]
Nivel de Tensión 1 [30 MPa]	0.9 1	0.024	0.71	0.073	0.55	0.113
Nivel de Tensión 2 [30 MPa]	0.9 5	0.021	0.63	0.157	0.51	0.206
P _{QR} y Δe _{Gc} en la Tensión Máxima de aplastamiento de la junta						
P _{QR} a Q _{SMAX}	0.9 7	0.048	0.65	0.235	0.55	0.229
Q _{SMAX}	190 MPa		80 MPa		60 MPa	

Tabla 5.12
Propiedades del Teadit® 30SH

Teadit® 30SH		
Parametros Técnicos	Unidade	Teadit® 30SH
Espesores	[mm]	0.50 - 9.00
Dimensión de la Lámina	[mm]	1500 x 1500
Pureza ePTFE	[%]	100
Color	-	branco
Temperatura de Operación	[°C]	- 268 a + 260
Presión de Operación	[bar]	0 a 200
Propiedades Físicas Típicas - DIN28090-2		
Compresibilidad (temperatura ambiente) eKSW	[%]	35 - 40
Relajamiento (temperatura ambiente) eKSW	[%]	>3
Compresibilidad (temperatura elevada) eWSW	[%]	<15
Propiedades Físicas Típicas - ASTM		
Compresibilidad ASTM F 36M (34,5 MPa)	[%]	>45
Recuperación ASTM F 36M (34,5 MPa)	[%]	>10
Relajamiento ASTM F 38 (100 °C)	[%]	≤22
Otras propiedades		
Tensión Residual DIN 52913	MPa	>18
Tasa de Fuga TA Luft / VDI 2240	mbar*/l/(s*m)	8.3*10-7
Tasa de Fuga DIN 3535-6 (40 bar, N2)	ml/min	<0.01
Resistencia a la Tracción ASTM F 152	MPa	>25
Fator “m” de la junta ASME		2
Tensión mínima de la junta "y" ASME	psi	2800

5.7. JUNTAS TEADIT® 28LS-LE

Teadit® 28LS-LE es una nueva generación de juntas producidas a partir de PTFE 100% puro, expandido multidireccionalmente. Las juntas biocompatibles se fabrican para su uso en las industrias farmacéutica, química y alimentaria. Una barrera de difusión garantiza una capacidad de sellado extraordinariamente alta a una tensión de sellado muy baja. Por lo tanto, son ideales para, pero no se limitan a, bridas con muy baja apriete, es decir, en bridas de plástico, revestimiento de vidrio con plástico o bridas revestidas.

Las juntas Teadit 28LS-LE tienen una resistencia mecánica excepcional, lo que permite un funcionamiento con un mínimo de fluencia a altas temperaturas y son dimensionalmente estables, es decir, no se ensanchan cuando se comprimen. La barrera de difusión en el diámetro interno aumenta significativamente la capacidad de sellado de las juntas y reduce la contaminación cruzada y la migración. Estas juntas se producen con tecnología similar a Teadit 30SH que cumple con los requisitos de las normas EN 13555 [50], EN 1591-1 [51] y la Guía VCI para la instalación de juntas [58].

Las juntas Teadit 28LS-LE se fabrican de acuerdo con los requisitos de las Buenas prácticas de fabricación (GMP) con total integridad y trazabilidad de la cadena de suministro. Los certificados FDA y EU 1935/2004, emitidos por el Instituto Fraunhofer, confirman su usabilidad en la industria alimentaria y farmacéutica. No están sujetos al envejecimiento ni a la degradación ambiental y pueden almacenarse indefinidamente.

5.7.1. PROPIEDADES DE LA JUNTA TEADIT® 28LS-LE

- Color: blanco
- Espesor: 1/16 “(1.6 mm), 1/8” (3.2 mm) y ¼ “(6 mm)
- Dimensiones: EN 1514-1 y ASME B16.21
- Límites de temperatura: -240°C a 270°C. Por cortos períodos de hasta 315°C.
- Resistencia química: inerte contra todas las sustancias (pH 0-14), incluidos los ácidos y cáusticos más agresivos. La única excepción son los metales alcalinos y el flúor elemental.
- Presión de funcionamiento: desde vacío hasta 200 bar.

Los parámetros de las juntas son mostrados en la Tabla 5.13 y las propiedades de sellado en la figura 5.13

Tabla 5.13
Teadit® 28LS-LE Parámetros de las Juntas

Teadit® 28LS-LE			
Propiedad	Método de Ensayo	Valor Nominal	Parámetros
Densidad – g/cm3	ASTM D792	0.9	-
Compresibilidad – ϵ KSW(%)	DIN 28090-2	41	$\sigma = 20$ MPa
Recuperación – ϵ KRW(%)	DIN 28090-2	10	$\sigma = 20$ MPa
Resistencia a la Tracción - MPa	ASTM F152	31	Temperatura ambiente
Retención de torque - MPa	DIN 52913	15	30 MPa – 150C -16h
Q min - 0.01	EN13555	<5	He – 40 bar
Qsmin – 0.01	EN13555	<5	He – 40 bar
Q min - 0.001	EN13555	8	He – 40 bar
Qsmin – 0.001	EN13555	8	He – 40 bar
Qsmax	EN13555	>140	Temperatura ambiente

6. JUNTAS EN ESPIRAL PTFE CON TECNOLOGIA ORIGIN®

En la búsqueda constante de un mejor rendimiento y sostenibilidad, Teadit desarrolló la tecnología Origin® para la fabricación de juntas de PTFE [63]. Este proceso recibió la patente internacional WO 2017 / 049054A1 [64]. Las juntas se fabrican con una cinta de PTFE espiralada y sinterizada. Las cintas pueden ser con o sin aditivos (rellenos), expandidos o no, con o sin pigmentos. Estas posibilidades le permiten crear infinitas combinaciones en la misma junta para tener el producto más adecuado para cada aplicación. Es posible usar diferentes aditivos en diferentes regiones de la junta para tener características específicas, incluyendo colores variables para identificar estas propiedades. Además, esta tecnología permite la fabricación de juntas de gran diámetro sin enmiendas, así como juntas de mayor espesor.

Otro diferencial de esta tecnología es la reducción de residuos, la fabricación de juntas a partir del corte de placas es extremadamente ineficiente, causando residuos que pueden alcanzar más del 60%. La tecnología Origin® reduce las pérdidas de proceso a prácticamente cero, reduciendo sustancialmente el impacto en el medio ambiente.

En 2018, la tecnología Origin® fue reconocida por The Chemours Company al recibir el Premio Plunkett, que destaca las innovaciones basadas en el uso de fluoropolímeros.

Se están desarrollando nuevas aplicaciones gradualmente, cuando se publica este libro, se están comercializando las juntas que se describen a continuación.

6.1. JUNTAS DE PARA DOMO DE TANQUE DE FERROCARRIL - ORIGIN® RC510

Las juntas RC 510 se desarrollaron utilizando la tecnología Origin®. Es una junta de PTFE en espiral con microesferas de vidrio huecas para domos de tanques de ferrocarril como se muestra en la Figura 5.12.



Figura 5.12

Su alta compresibilidad, retención de torque y reutilización son características esenciales para esta aplicación. Con el RC 510, es posible el uso prolongado en ciclos múltiples sin fugas.

Las aplicaciones típicas son el transporte de etanol, petróleo y sus derivados y productos químicamente agresivos ácidos o cáusticos. Se puede almacenar indefinidamente sin envejecimiento. Están disponibles para domos más comunes como AAR-1, TRN-1, UTC-1, etc.

Las juntas RC-510 se instalaron en domos de ferrocarril y se compararon con productos similares en el mercado. Las pruebas típicas se realizan instalando juntas con un torque de 250 lb-pie y presurizadas con aire de 35 psi. Luego se realiza una evaluación de fugas. Después de 1 hora, se abre el domo y, sin cambiar la junta, se cierra y se presuriza nuevamente. El ciclo se repite 8 veces, luego se presuriza durante 16 horas, luego se realiza una nueva evaluación de fugas. La junta RC-510 mantuvo su capacidad de sellado incluso después de 40 ciclos, un resultado superior a todas las demás juntas probadas. El resultado de la prueba se muestra en la Tabla 5.14

Tabla 5.14
Teadit® 28LS-LE Gasket Parameters

Junta	Número de ciclos hasta el fallo
Origin RC-510	Mas de 40
Competidor A	20
Competidor B	20
Competidor C	30
Competidor D	10

Los resultados de las pruebas de sellabilidad se muestran en la Figura 5.13.

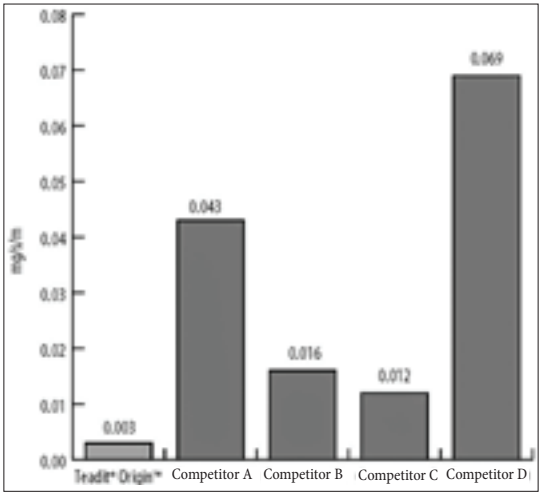


Figura 5.13

6.2. TUBERÍAS CON ACIDO SULFURICO - ORIGEN APF-510

Origin® APF-510 es una junta blanda con una barrera de sellado para aplicaciones en tuberías de proceso con ácido sulfúrico, como se muestra en la Figura 5.14. Fueron desarrollados para cumplir con las condiciones específicas de este tipo de tubería donde las bridas tienen fallas o irregularidades. El acoplamiento de la tubería a la brida se realiza mediante roscas que crean fallas a lo largo de la superficie de sellado. Las juntas tradicionales no se sellan satisfactoriamente en estas condiciones.



Figura 5.14

Las juntas Origin® APF-510 se fabrican a partir de una cinta de PTFE expandida con microesferas de vidrio huecas, lo que da como resultado una junta extremadamente compresible que se amolda a las irregularidades de las bridas. Para garantizar el sellado, se coloca una barrera de PTFE puro de baja porosidad para sellar el área de la rosca. El posicionamiento de las diversas cintas de PTFE ha sido cuidadosamente estudiado para ser comprimido en la región de áreas irregulares, asegurando un sellado seguro y confiable.

7. JUNTAS TIPO 933 CON PELICULA DE PTFE

Consiste en una junta de lámina comprimida revestida por una película continua de PTFE. Combina las características de resistencia mecánica y resiliencia de las láminas comprimidas, con la resistencia química de PTFE. El espesor de la película es de 0.5 mm. En aplicaciones donde es necesaria una mayor conformabilidad de la junta, el llenado puede ser realizado con un Elastómero. Sus aplicaciones principales son los equipos y bridas de vidrio, cerámica o acero con revestimiento de vidrio. La temperatura máxima admisible en la película es de 260° C. No obstante, este valor debe llevar en consideración también el límite de cada material de relleno.

Al ser aplastada la película de PTFE corre riesgo de quebrarse y exponer el relleno al fluido. Como en la mayoría de los casos el relleno no tiene resistencia al ataque químico

de los fluidos, puede ocurrir la falla prematura de la junta. Por esta razón las juntas tipo sándwich (con película) están siendo gradualmente substituidas por otros productos, tales como Tealon TF1580 y los diversos tipos de juntas Teadit de ePTFE.

7.1. FORMAS CONSTRUCTIVAS

Existen dos tipos de películas, ambos fabricados a partir de barras o casquillos de PTFE, por lo tanto, no tiene enmiendas que permitan al contacto del fluido con el relleno.

7.2. TIPO 933-V

Es el tipo más común, por ser el más económico. La Figura 5.15 muestra el corte transversal de la junta. Tiene espesor total limitada y aproximadamente 3.2mm (1/8"). Debido al elevado costo del PTFE, la película es normalmente fabricada en dimensiones RF (raised face). Cuando es necesario que la junta cubra toda la superficie de la brida, el relleno puede ser FF (full face) con la película de PTFE alcanzando apenas hasta los pernos, reduciendo, de esta manera, el costo da la junta sin perjudicar su desempeño.

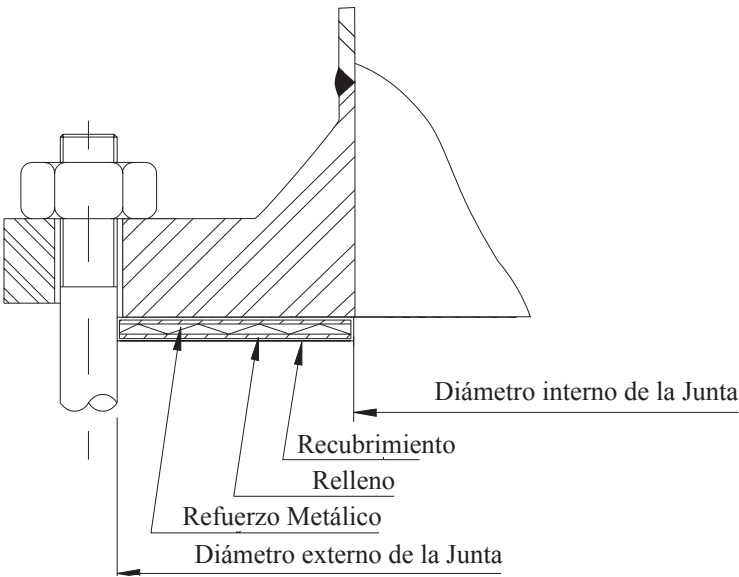


Figura 5.15

7.3. TIPO 933-U

Usada cuando es necesario una junta para absorber mayores irregularidades o con mayor resiliencia (Figura 5.16). Posee refuerzo metálico corrugado entre dos láminas de relleno.

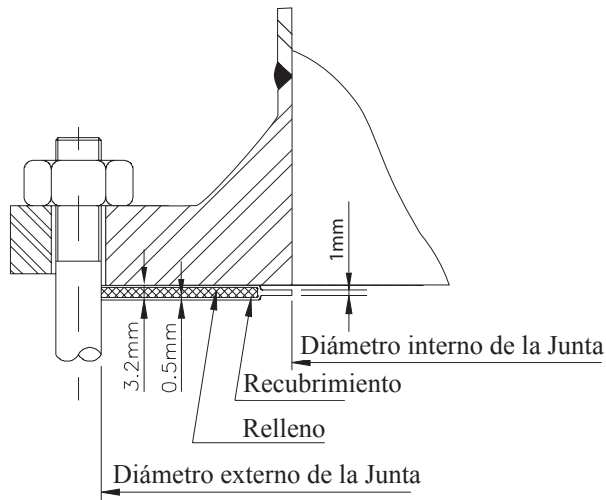


Figura 5.16

7.4. JUNTAS MAYORES A 610 MM (24") DE DIAMETRO INTERNO

Por no ser comercialmente disponibles casquillos de PTFE en estas dimensiones, las juntas por encima de 610 mm (24") son fabricadas a partir de cintas moldeadas alrededor del relleno (Figura 5.17). Las extremidades de cinta son soldadas en caliente, para evitar la contaminación del relleno.

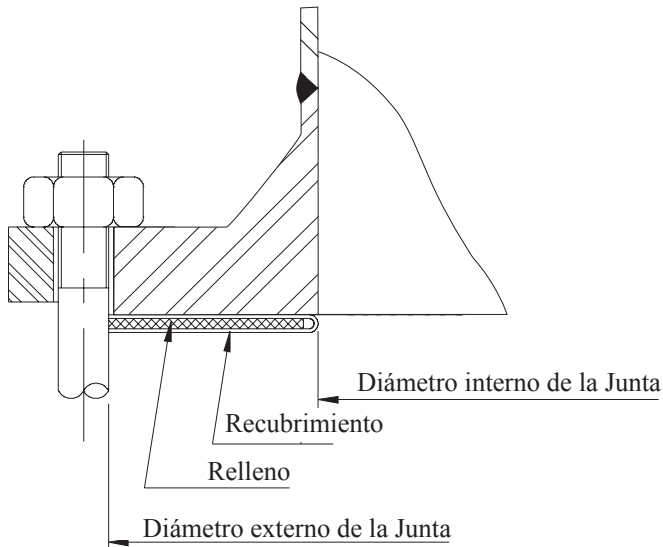


Figura 5.17

Anexo 5.1
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Acetaldehído	A	A	A	A	A
Acetamida	A	A	A	A	A
Acetato de alilo	A	A	A	A	A
Acetato de aluminio	A	A	A	A	A
Acetato de amilo	A	A	A	A	A
Acetato de butilo	A	A	A	A	A
Acetato de plomo	A	A	A	A	A
Acetato de cobre	A	A	A	A	A
Acetato de etilo	A	A	A	A	A
Acetato de potasio	A	A	A	A	A
Acetato de vinilo	B	B	B	A	B
2-Acetilaminofluoreno	A	A	A	A	A
Acetileno	A	A	A	A	A
Acetofenona	A	A	A	A	A
Acetona	A	A	A	A	A
Acetonitrilo	A	A	A	A	A
Ácido abiético	A	A	A	A	A
Ácido acético (bruto, glacial, puro)	A	A	A	A	A
Ácido acrílico	B	B	B	A	B
Ácido adípico	A	A	A	A	A
Ácido benzoico	A	A	A	A	A
Ácido bórico	A	A	A	A	A
Ácido bromhídrico	A	A	A	A	A
Ácido butírico	A	A	A	A	A
Ácido carbólico, fenol	A	A	A	A	A
Ácido carbónico	A	A	A	A	A
Ácido cianhídrico, fenol	A	A	A	A	A
Ácido cítrico	A	A	A	A	A
Ácido clorhídrico	A	A	A	A	A
Ácido cloroacético	A	A	A	A	A
Ácido cloroazótico (Água Régia)	A	A	A	A	A
Ácido cloronitroso (Água Régia)	A	A	A	A	A
Ácido clorosulfónico	A	A	A	A	A
Ácido crómico	A	A	A	A	A
Ácido crotónico	A	A	A	A	A
Ácido esteárico	A	A	A	A	A
Ácido fluorhídrico, < 65%, > 65°C	C	A	C	A	C
Ácido fluorhídrico, ≤ 65°C	C	A	C	A	C
Ácido fluorhídrico, 65% a anhidro, > 65°C	C	B	C	A	C
Ácido fluorhídrico, anhidro	C	C	C	A	C
Ácido flúor-silicio	C	A	C	A	A
Ácido fórmico	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)**Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Ácido fosfórico , puro, $\leq 45\%$	A	A	A	A	A
Ácido fosfórico , puro, $> 45\%$, $\leq 65^\circ\text{C}$	B	A	B	A	B
Ácido fosfórico , puro, $> 45\%$, $> 65^\circ\text{C}$	B	A	C	A	B
Ácido fosfórico, bruto	C	A	C	A	C
Ácido ftálico	A	A	A	A	A
Ácido láctico, $\leq 65^\circ\text{C}$	A	A	A	A	A
Ácido láctico, $> 65^\circ\text{C}$	A	A	A	A	A
Ácido maleico	A	A	A	A	A
Ácido metil-acrílico	A	A	A	A	A
Ácido muriático	A	A	A	A	A
Ácido nítrico = 30%	A	A	A	A	A
Ácido nítrico $> 30\%$	A	A	A	A	A
Ácido nítrico, estado natural	A	A	A	A	A
Ácido nítrico, fumante	A	A	A	A	A
Ácido nitrohidroclórico (agua regia)	A	A	A	A	A
Ácido nitromuriático (agua regia)	A	A	A	A	A
Ácido oleico	A	A	A	A	A
Ácido oxálico	B	A	A	A	B
Ácido palmítico	A	A	A	A	A
Ácido perclórico	A	A	A	A	A
Ácido pícrico, fundido	B	B	B	B	B
Ácido pícrico, solución acuosa	A	A	A	A	A
Ácido prúsico, ácido hidrocianico	A	A	A	A	A
Ácido Salicílico	A	A	A	A	A
Ácido Salicílico, 10%, $= 65^\circ\text{C}$	A	A	A	A	A
Ácido Sulfúrico, 10%, $> 65^\circ\text{C}$	A	A	A	A	A
Ácido Sulfúrico, 10-75%, $\leq 260^\circ\text{C}$	A	A	A	A	A
75-98%, 65°C a 260°C	B	B	A	A	A
75-98%, $\leq 65^\circ\text{C}$	A	B	A	A	B
Ácido Sulfúrico, fumante	B	C	A	A	B
Ácido sulfuroso	A	A	A	A	A
Ácido tánico	A	A	A	A	A
Ácido tartárico	A	A	A	A	A
Ácido tolueno sulfónico	A	A	A	A	A
Ácido tricloroacético	A	A	A	A	A
Acrilamida	B	B	B	A	B
Acrilato de etilo	B	B	B	A	B
Acrilonitrilo	B	B	B	A	B
Acroleína	B	B	B	A	B
Azúcar	A	A	A	A	A
Agua clorada	A	A	A	A	A
Agua condensación	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Agua de grifo	A	A	A	A	A
Agua de alimentación de caldero	A	A	A	A	A
Alcantarillado	A	A	A	A	A
Agua destilada	A	A	A	A	A
Agua de mar	A	A	A	A	A
Agua regia	A	A	A	A	A
Agua salada	A	A	A	A	A
Agua, ácida de mina, con sales no oxidantes	A	A	A	A	A
Água, ácida de mina, con sal oxidante	A	A	A	A	A
Alcohol amílico	A	A	A	A	A
Alcohol bencílico	A	A	A	A	A
Alcohol butílico, butanol	A	A	A	A	A
Alcohol de cereales	A	A	A	A	A
Alcohol de madera	A	A	A	A	A
Alcohol etílico	A	A	A	A	A
Alcohol isopropílico	A	A	A	A	A
Alcohol metílico	A	A	A	A	A
Alcohol N-octadecílico	A	A	A	A	A
Alcohol propílico	A	A	A	A	A
Alumbres	A	A	A	A	A
Aluminato de sodio	A	A	A	A	A
Blanqueador (hipoclorito de sodio)	A	A	A	A	A
Amida	A	A	A	A	A
4-Aminodifenilo	A	A	A	A	A
Amônia, líquido ou gás	A	A	A	A	A
Anidrido acético	A	A	A	A	A
Anidrido acrílico	A	A	A	A	A
Anidrido crómico	A	A	A	A	A
Anidrido ftálico	A	A	A	A	A
Anidrido maleico	A	A	A	A	A
Anilina, aceite de anilina	A	A	A	A	A
Aire	A	A	A	A	A
Aroclor	A	A	A	A	A
Arseniato de plomo	A	A	A	A	A
Asfalto	A	A	A	A	A
Baygon	A	A	A	A	A
Benzaldehído	A	A	A	A	A
Benceno, Benzol	A	A	A	A	A
Bencidina	A	A	A	A	A
Benzonitrilo	A	A	A	A	A
Beta-Propiolactona	A	A	A	A	A
Bicarbonato de sodio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)**Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Dicromato de potasio	A	A	A	A	A
Bifenilo	A	A	A	A	A
Bifenilos policlorados	A	A	A	A	A
Bis(2-cloroetil)éter	A	A	A	A	A
Bis(2-etilhexil)ftalato	A	A	A	A	A
Bis(clorometil)éter	A	A	A	A	A
Bisulfato de sodio, seco	A	A	A	A	A
Bisulfato de calcio	A	A	A	A	A
Bisulfato sódico	A	A	A	A	A
Bórax	A	A	A	A	A
Bromuro de etileno	A	A	A	A	A
Bromuro de hidrógeno	A	A	A	A	A
Bromuro de litio	A	A	A	A	A
Bromuro de metilo	A	A	A	A	A
Bromuro de vinilo	B	B	B	B	B
Bromo	A	A	A	A	A
Bromoformo	A	A	A	A	A
Bromometano	A	A	A	A	A
Butadieno	B	B	B	A	B
Butano	A	A	A	A	A
2-Butanona	A	A	A	A	A
Calflo AF	A	A	A	A	A
Calflo FG	A	A	A	A	A
Calflo HTF	A	A	A	A	A
Calflo LT	A	A	A	A	A
Caprolactama	A	A	A	A	A
Captán	A	A	A	A	A
Carbamato de etilo	A	A	A	A	A
Carbaril	A	A	A	A	A
Carbonato amónico	A	A	A	A	A
Carbonato de dietilo	A	A	A	A	A
Carbonato de sodio	A	A	A	A	A
Catecol	A	A	A	A	A
Cerveza	A	A	A	A	A
Cetano (Hexadecano)	A	A	A	A	A
Cianamida de calcio	A	A	A	A	A
Cianuro de potasio	A	A	A	A	A
Cianuro de sodio	C	A	C	A	C
Ciclohexano	A	A	A	A	A
Ciclohexanol	B	B	B	B	B
Ciclohexanona	A	A	A	A	A
Cloramben	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Cloruro de aluminio	A	A	A	A	A
Cloruro de potasio	A	A	A	A	A
Cloruro de sodio	A	A	A	A	A
Clordano	A	A	A	A	A
Cloruro de alilo	A	A	A	A	A
Cloruro de aluminio	A	A	A	A	A
Cloruro de amonio	A	A	A	A	A
Cloruro de bario	A	A	A	A	A
Cloruro de benzilo	A	A	A	A	A
Cloruro de benzoilo	A	A	A	A	A
Cloruro de calcio	A	A	A	A	A
Cloruro de cobre	A	A	A	A	A
Cloruro de dimetil carbamilo	A	A	A	A	A
Cloruro de azufre	A	A	A	A	A
Cloruro de estaño	A	A	A	A	A
Cloruro de etilo	A	A	A	A	A
Cloruro de etilideno	A	A	A	A	A
Cloruro de hidrógeno (seco)	A	A	A	A	A
Cloruro de magnesio	A	A	A	A	A
Cloruro de mercurio	A	A	A	A	A
Cloruro de metilo	A	A	A	A	A
Cloruro de metileno	A	A	A	A	A
Cloruro de níquel	A	A	A	A	A
Cloruro de potasio	A	A	A	A	A
Cloruro de sodio	A	A	A	A	A
Cloruro de tionilo	A	A	A	A	A
Cloruro de vinilo	B	B	B	A	B
Cloruro de vinilideno	B	B	B	A	B
Cloruro de zinc	A	A	A	A	A
Cloruro férrico	A	A	A	A	A
Cloro, seco o húmedo	A	A	A	A	A
2-Cloroacetofenona	A	A	A	A	A
Clorobenceno	A	A	A	A	A
Clorobencilato	A	A	A	A	A
Cloroetano	A	A	A	A	A
Cloroetileno	A	A	A	A	A
Cloroformo	A	A	A	A	A
Clorometil-metil-éter	A	A	A	A	A
Cloropreno	A	A	A	A	A
Cola, Base proteína	A	A	A	A	A
Combustível de aviación (Tipos JP)	A	A	A	A	A
Corantes de anilina	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
 A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Creosota	A	A	A	A	A
Cresoles, Ácido cresílico	A	A	A	A	A
Cromato de potasio, rojo	A	A	A	A	A
Cumeno	A	A	A	A	A
Diazometano	A	A	A	A	A
Dibenzofurano	A	A	A	A	A
Dibrometo de etileno	A	A	A	A	A
1,2-Dibromo-3-cloropropano	A	A	A	A	A
Dibromoetano	A	A	A	A	A
Dicloreto de etileno	A	A	A	A	A
Dicloreto de propileno	A	A	A	A	A
1,4-Diclorobenceno	A	A	A	A	A
3,3-Diclorobenceno	A	A	A	A	A
Dicloroetano (1,1 ou 1,2)	A	A	A	A	A
1,1-Dicloroetileno	B	B	B	A	B
Dicloro etil eter	A	A	A	A	A
Diclorometano	A	A	A	A	A
1,2-Dicloropropano	A	A	A	A	A
1,3-Dicloropropeno	A	A	A	A	A
Diclorvos	A	A	A	A	A
Dicromato de potasio	A	A	A	A	A
Dietanolamina	A	A	A	A	A
1,2-Difenilhidrazina	A	A	A	A	A
Dimetilhidrazina, asimétrica	A	A	A	A	A
Dimetilaminoazobenceno	A	A	A	A	A
3,3-Dimetilbenzidina	A	A	A	A	A
Dimetilformamida	A	A	A	A	A
3,3-Dimetoxibencideno	A	A	A	A	A
2,4-Dinitrofenol	A	A	A	A	A
4,6-Dinitro-o-Cresol y sales	A	A	A	A	A
2,4-Dinitrotolueno	A	A	A	A	A
Dioxano	A	A	A	A	A
Dióxido de carbono, seco o humedo	A	A	A	A	A
Dióxido de cloro	A	A	A	A	A
Dióxido de azufre	A	A	A	A	A
Dióxido de flúor	C	C	C	C	C
Diphyl DT	A	A	A	A	A
Dissulfeto de carbono	A	A	A	A	A
Dowfrost	A	A	A	A	A
Dowfrost HD	A	A	A	A	A
Dowtherm 4000	A	A	A	A	A
Dowtherm A	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Dowtherm E	A	A	A	A	A
Dowtherm G	A	A	A	A	A
Dowtherm HT	A	A	A	A	A
Dowtherm J	A	A	A	A	A
Dowtherm Q	A	A	A	A	A
Dowtherm SR-1	A	A	A	A	A
Azufre, fundido	A	A	A	A	A
Epicloroidrina	A	A	A	A	A
1,2-Epoxibutano	A	A	A	A	A
Esteres fosfatados	A	A	A	A	A
Estireno	B	B	B	A	B
Etano	A	A	A	A	A
Éter dibencílico	A	A	A	A	A
Éter dimetilico	A	A	A	A	A
Éter etílico	A	A	A	A	A
Éter metil terc-butílico (MTBE)	A	A	A	A	A
Éteres	A	A	A	A	A
Etil celulosa	A	A	A	A	A
Etilbenzeno	A	A	A	A	A
Etileno glicol	A	A	A	A	A
Etileno tiouréa	A	A	A	A	A
Etilenimina	B	A	B	A	B
Fenol	A	A	A	A	A
Fluido de proceso UCON WS	A	A	A	A	A
Fluido de transferencia de calor UCON 500	A	A	A	A	A
Fluido de transmisión	A	A	A	A	A
Flúor, gás	C	C	C	C	C
Flúor, líquido	C	C	C	C	C
Flururo de aluminio	B	A	C	A	B
Fluoruro de hidrógeno	C	C	C	A	C
Formaldehído	A	A	A	A	A
Formamida	A	A	A	A	A
Fosfato de amonio, dibásico	A	A	A	A	A
Fosfato de amonio, monobásico	A	A	A	A	A
Fosfato de amonio, tribásico	A	A	A	A	A
Fosfato de hierro	A	A	A	A	A
Fosfato de sodio, dibásico	B	A	B	A	B
Fosfato de sodio, monobásico	A	A	A	A	A
Fosfato de sodio, tribásico	B	A	C	A	B
Fosfato de tricesilo	A	A	A	A	A
Fosfano	A	A	A	A	A
Fósforo elemental	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
 A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Fosgeno	A	A	A	A	A
Freon 12, Frigen 12, Arcton 12	A	A	A	A	A
Freon 22, Frigen 22, Arcton 22	A	A	A	A	A
Ftalato de dibutilo	A	A	A	A	A
Ftalato de dimetilo	A	A	A	A	A
Furfural	A	A	A	A	A
Gas de alto horno	A	A	A	A	A
Gas de horno de coque	A	A	A	A	A
Gas de gasógeno	A	A	A	A	A
Gas de generador	A	A	A	A	A
Gas natural	A	A	A	A	A
Gasolina de aviación	A	A	A	A	A
Gasolina, ácida	A	A	A	A	A
Gasolina, refinada	A	A	A	A	A
Gelatina	A	A	A	A	A
Glicerina, glicerol	A	A	A	A	A
Glicol	A	A	A	A	A
Glucosa	A	A	A	A	A
Grasa, Base petróleo	A	A	A	A	A
Heptacloro	A	A	A	A	A
Heptano	A	A	A	A	A
Hexaclorobenceno	A	A	A	A	A
Hexaclorobutadieno	A	A	A	A	A
Hexaclorociclopentadieno	A	A	A	A	A
Hexacloroetano	A	A	A	A	A
Hexadecano	A	A	A	A	A
Hexametildisforamida	A	A	A	A	A
Diisocianato de hexametileno	A	A	A	A	A
Hexano	A	A	A	A	A
Hexoato de etilo	A	A	A	A	A
Hexona	A	A	A	A	A
Hidrazina	A	A	A	A	A
Hidrógeno	A	A	A	A	A
Hidroquinona	A	A	A	A	A
Hidróxido de aluminio (sólido)	A	A	A	A	A
Hidróxido de amonio	A	A	A	A	A
Hidróxido de bario	A	A	A	A	A
Hidróxido de calcio	A	A	B	A	A
Hidróxido de magnesio	A	A	A	A	A
Hidróxido de potasio	B	B	C	A	B
Hidróxido de sodio	B	A	C	A	B
Hipoclorito de calcio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)

Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Hipoclorito de potasio	A	A	A	A	A
Hipoclorito de sodio	A	A	A	A	A
Yoduro de metilo	A	A	A	A	A
Yoduro de potasio	A	A	A	A	A
Yodometano	A	A	A	A	A
Isobutano	A	A	A	A	A
Isoforona	A	A	A	A	A
Isooctano	A	A	A	A	A
Barníz	A	A	A	A	A
Leche	A	A	A	A	A
Licor de sulfato negro	B	A	C	A	B
Licor de sulfato verde	B	A	C	A	B
Licores de caña de azúcar	A	A	A	A	A
Lindano	A	A	A	A	A
Litio, elemental	C	C	C	A	C
Lijja, detergente	B	B	C	A	B
Mercurio	A	A	A	A	A
Metacrilato de alilo	A	A	A	A	A
Metacrilato de butilo	B	B	B	A	B
Metacrilato de metilo	B	B	B	A	B
Metacrilato de vinilo	A	A	A	A	A
Metafosfato de sodio	A	A	B	A	A
Metales alcalinos fundidos	C	C	C	C	C
Metano	A	A	A	A	A
Metanol, alcohol metílico	A	A	A	A	A
Metilcloroformo	A	A	A	A	A
Metiletilcetona	A	A	A	A	A
Metilhidrazina	A	A	A	A	A
Metil-isobutil-cetona (MIBK)	A	A	A	A	A
Isocianato de metilo	A	A	A	A	A
2-Metilaziridina	B	A	B	A	B
4,4-Metilenbis(2-clororoanilina)	A	A	A	A	A
4,4-Metilenodianilina	A	A	A	A	A
Metileno difenil diisocianato	A	A	A	A	A
Metoxicloro	A	A	A	A	A
Mobiltherm 600	A	A	A	A	A
Iodeto de metila	A	A	A	A	A
Mobiltherm 603	A	A	A	A	A
Mobiltherm 605	A	A	A	A	A
Mobiltherm Light	A	A	A	A	A
Monometilamina	A	A	A	A	A
Monóxido de carbono	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)**Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
MultiTherm 100	A	A	A	A	A
MultiTherm 503	A	A	A	A	A
MultiTherm IG-2	A	A	A	A	A
MultiTherm PG-1	A	A	A	A	A
N,N Dietilnilina	A	A	A	A	A
N,N-Dimetil anilina	A	A	A	A	A
Nafta	A	A	A	A	A
Naftaleno	A	A	A	A	A
Naftoles	A	A	A	A	A
n-butilamina	A	A	A	A	A
Nitrato de aluminio	A	A	A	A	A
Nitrato de amonio	A	A	A	A	A
Nitrato de calcio	A	A	A	A	A
Nitrato de potasio	A	A	A	A	A
Nitrato de plata	A	A	A	A	A
Nitrato de propilo	A	A	A	A	A
Nitrato de sodio	A	A	A	A	A
2-Nitro-2-metil propanol	A	A	A	A	A
Nitrobenzeno	A	A	A	A	A
4-Nitrobifenilo	A	A	A	A	A
2-Nitro-Butano	A	A	A	A	A
Nitrato de calcio	A	A	A	A	A
4-Nitrofenol	A	A	A	A	A
Nitrógeno	A	A	A	A	A
Nitrometano	A	A	A	A	A
2-Nitropropano	A	A	A	A	A
N-Metil-2-pirrolidona	A	A	A	A	A
N-Nitrosodimetilamina	A	A	A	A	A
N-Nitrosomorfolina	A	A	A	A	A
N-Nitroso-N-Metilurea	A	A	A	A	A
o-Anisidina	A	A	A	A	A
Octano	A	A	A	A	A
o-Diclorobenceno	A	A	A	A	A
Aceite en Bruto	A	A	A	A	A
Aceite combustible	A	A	A	A	A
Aceite combustible, ácido	A	A	A	A	A
Aceite de colza	A	A	A	A	A
Aceite de linaza	A	A	A	A	A
Aceite de Madera china, de Tung	A	A	A	A	A
Aceite de maíz	A	A	A	A	A
Aceite de ricino o de mamona	A	A	A	A	A
Aceite de semilla de algodón	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)

Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Aceite de silicona	A	A	A	A	A
Aceite de soja	A	A	A	A	A
Aceite de transformador (tipo mineral)	A	A	A	A	A
Aceite de Tung	A	A	A	A	A
Diesel	A	A	A	A	A
Aceite hidráulico, Mineral	A	A	A	A	A
Aceite hidráulico, Sintético	A	A	A	A	A
Aceite, petróleo	A	A	A	A	A
Aceites de petróleo, en bruto	A	A	A	A	A
Aceites de petróleo, refinado	A	A	A	A	A
Aceites lubricantes, ácidos	A	A	A	A	A
Aceites lubricantes, refinados	A	A	A	A	A
Aceites lubricantes, tipo mineral o petróleo	A	A	A	A	A
Aceites minerales	A	A	A	A	A
Aceites, Animal y vegetal	A	A	A	A	A
Óleum	B	C	A	A	A
Orto-diclorobenceno	B	A	A	A	B
o-Toluidina	A	A	A	A	A
Óxido de estireno	A	A	A	A	A
Óxido de etileno	B	B	B	A	B
Óxido de propileno	A	A	A	A	A
Oxígeno, gas	A	A	A	A	A
Ozono	A	A	A	A	A
Parafina	A	A	A	A	A
Paratherm HE	A	A	A	A	A
Paratherm NF	A	A	A	A	A
Parathion	A	A	A	A	A
Para-xileno	A	A	A	A	A
Pentacloruro de fósforo	A	A	A	A	A
Pentaclorofenol	A	A	A	A	A
Pentacloronitrobenzoceno	A	A	A	A	A
Pentafluoreto de yodo	B	B	B	B	B
Pentano	A	A	A	A	A
Perborato de yodo	A	A	A	A	A
Percloroetileno	A	A	A	A	A
Permanganato de potasio	A	A	A	A	A
Peróxido de hidrógeno, 10-90%	A	A	A	A	A
Peróxido de sodio	A	A	A	A	A
Peroxihidrato de metaborato sódico	A	A	A	A	A
p-fenilenodiamina	A	A	A	A	A
Brea, alquitran	A	A	A	A	A
Pineno	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
 A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Piperidina	A	A	A	A	A
Piridina	A	A	A	A	A
Poliacrilonitrila	A	A	A	A	A
Potasio, Carbonato de potasio	A	A	A	A	A
Potasio elemental	C	C	C	C	C
Propano	A	A	A	A	A
1,3 Propano sultona	A	A	A	A	A
Propileno	A	A	A	A	A
Propileno glicol	A	A	A	A	A
1,2-Propilenoimina	B	A	B	A	B
Propionaldehído	A	A	A	A	A
Propoxur	A	A	A	A	A
Queroseno	A	A	A	A	A
Quinoleína	A	A	A	A	A
Quinona	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 10	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 11	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 112	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 113	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 114	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 114B2	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 115	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 12	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 123	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 124	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 125	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 13	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 134a	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 13B1	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 141b	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 142b	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 143a	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 152a	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 21	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 218	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 22	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 23	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 290	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 31	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 32	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 500	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 502	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)
Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE
A: adecuado B: consultar Teadit C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Refrigerantes, 503	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 507	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 717 (amoníaco)	A	A	A	A	A
Refrigerantes, 744 (dióxido de carbono)	A	A	A	A	A
Refrigerantes, C316	A	A	A	A	A
Refrigerantes, C318	A	A	A	A	A
Refrigerantes, HP62	A	A	A	A	A
Refrigerantes, HP80	A	A	A	A	A
Refrigerantes, HP81	A	A	A	A	A
2,4-D Sais e ésteres	A	A	A	A	A
Salitre de cal (nitratos de calcio)	A	A	A	A	A
Salitre Norge (Nitrato de calcio)	A	A	A	A	A
Salitre Noruego (Nitrato de calcio)	A	A	A	A	A
Salitre, nitrato de potasio	A	A	A	A	A
Salmuera (cloruro de sodio)	A	A	A	A	A
Sebacato de dibutilo	A	A	A	A	A
Silicato de sodio	B	A	B	A	B
Skydrol	A	A	A	A	A
Sodio elemental	C	C	C	C	C
Soluciones de detergente	B	A	B	A	B
Soluciones de galvanización con cromo	B	A	B	A	B
Soluciones de jabón	A	A	A	A	A
Solvente Stoddard	A	A	A	A	A
Solventes clorados, seco o húmedo	A	A	A	A	A
Solventes para barníz	A	A	A	A	A
Sulfato de aluminio	A	A	A	A	A
Sulfato de amonio	A	A	A	A	A
Sulfato de calcio	A	A	A	A	A
Sulfato de cobre	A	A	A	A	A
Sulfato de dietilo	A	A	A	A	A
Sulfato de dimetilo	A	A	A	A	A
Sulfato de hierro	A	A	A	A	A
Sulfato de magnesio	A	A	A	A	A
Sulfato de níquel	A	A	A	A	A
Sulfato de potasio	A	A	A	A	A
Sulfato de sodio	A	A	A	A	A
Sulfato de titanio	A	A	A	A	A
Sulfato de zinc	A	A	A	A	A
Sulfuro de bario	A	A	A	A	A
Sulfuro de carbono	A	A	A	A	A
Sulfuro de hidrógeno, seco o húmedo	A	A	A	A	A
Sulfuro de sodio	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)**Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE**

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
Peróxido de sodio	A	A	A	A	A
Syltherm 800	A	A	A	A	A
Syltherm XLT	A	A	A	A	A
2,3,7,8-TCDB-p-Dioxina	A	A	A	A	A
terc-butilamina	A	A	A	A	A
Terc-Butilamina	A	A	A	A	A
Trementina, aguarrás	A	A	A	A	A
Tetrabromoetano	A	A	A	A	A
Tetracloruro de carbono	A	A	A	A	A
Tetracloruro de titanio	A	A	A	A	A
Tetracloroetano	A	A	A	A	A
Tetracloroetileno	A	A	A	A	A
Tetrahidrofurano, THF	A	A	A	A	A
Tetraóxido de nitrógeno	A	A	A	A	A
Therminol 44	A	A	A	A	A
Therminol 55	A	A	A	A	A
Therminol 59	A	A	A	A	A
Therminol 60	A	A	A	A	A
Therminol 66	A	A	A	A	A
Therminol 75	A	A	A	A	A
Therminol D12	A	A	A	A	A
Therminol LT	A	A	A	A	A
Therminol VP-1	A	A	A	A	A
Therminol XP	A	A	A	A	A
Tiosulfato de sodio, hipo	A	A	A	A	A
Tolueno	A	A	A	A	A
2,4-Toluenodiamina	A	A	A	A	A
2,4-Diisocianato de Tolueno	A	A	A	A	A
Toxafeno	A	A	A	A	A
Triclorobenceno	A	A	A	A	A
1,2,4-Triclorobenceno	A	A	A	A	A
1,1,2-Tricloroetano	A	A	A	A	A
Tricloroetileno	A	A	A	A	A
2,4,5-Triclorofenol	A	A	A	A	A
2,4,6-Triclorofenol	A	A	A	A	A
Triclorometilbenceno	A	A	A	A	A
Trietanolamina	A	A	A	A	A
Trietilaluminio	A	A	A	A	A
Trietilamina	A	A	A	A	A
Trifloruro de bromo	C	C	C	C	C
Trifloruro de cloro	C	C	C	C	C
Trifuralin	A	A	A	A	A

Anexo 5.1 (Continuación)

Tabla de Compatibilidad Química de los Productos de PTFE

A: adecuado

B: consultar Teadit

C: no recomendado

PRODUCTO	TF1570	TF1580	TF1590	24B/24SH/30SH 25BI/28LS-LE	PL100
2,2,4-Trimetilpentano	A	A	A	A	A
Trióxido de cromo	A	A	A	A	A
Trióxido de azufre, seco o húmedo	A	A	A	A	A
Whiskys y vinos	A	A	A	A	A
Urea, = 65°C	A	A	A	A	A
Urea, > 65°C	A	A	A	A	A
Vapor	A	A	A	A	A
Barniz	A	A	A	A	A
Vinagre	A	A	A	A	A
Xceltherm 550	A	A	A	A	A
Xceltherm 600	A	A	A	A	A
Xceltherm MK1	A	A	A	A	A
Xceltytherm XT	A	A	A	A	A
Xileno	A	A	A	A	A

MATERIALES PARA JUNTAS METÁLICAS

1. CONSIDERACIONES INICIALES

Al especificar el material para una junta metálica o semimetálica, debemos analizar las propiedades características de los metales y sus reacciones bajo tensión y/o temperatura, en presencia del fluido a ser sellado. Se debe dar una atención especial a:

- **Corrosión bajo tensión:** los aceros inoxidable 18-8 pueden presentar el fenómeno de corrosión bajo tensión en presencia de algunos fluidos. El Anexo 6.1 muestra fluidos que provocan esta corrosión en los metales más utilizados en juntas industriales.
- **Corrosión intergranular:** los aceros inoxidable austeníticos, en temperaturas entre 420° C y 810° C, presentan, en presencia de ciertos productos químicos, la precipitación de carburos entre los granos, fenómeno conocido como corrosión intergranular en los aceros inoxidable austeníticos. El Anexo 6.2 muestra los fluidos que provocan la corrosión intergranular.
- **Compatibilidad con el fluido:** la junta debe resistir el deterioro o ataque corrosivo por el fluido y, no contaminarlo. El Anexo 6.3 presenta la compatibilidad química para los materiales más utilizados en juntas metálicas.

A continuación, están las relaciones de las aleaciones más utilizadas en la fabricación de juntas industriales, sus características principales, límites de temperatura y dureza mínima aproximada.

2 . ACERO CARBONO

Material bastante utilizado en la fabricación de juntas de doble camisa y Ring-Joints (Capítulos 8 y 9). Debido a su baja resistencia a la corrosión, no debe ser utilizado en agua, ácidos diluidos o soluciones salinas. Puede ser utilizado en álcalis y ácidos concentrados. Límite de temperatura: 500° C. Dureza: 56 HRB.

3. ACERO INOXIDABLE AISI 304

Aleación con 18% Cr y 8% Ni, las más utilizada en la fabricación de juntas industriales en virtud de su excelente resistencia a la corrosión, precio y disponibilidad en el mercado. Su temperatura máxima de operación es de 760° C; sin embargo, debido a las corrosiones bajo tensión e intergranular, su temperatura para servicio continuo está limitada a 420° C. Dureza: 68 HRB.

4. ACERO INOXIDABLE AISI 304L

Posee las mismas características de resistencias a la corrosión del AISI 304. Como su contenido de carbono está limitado a 0.03%, presenta una menor tendencia a precipitación intergranular. Su límite de operación en servicio continuo es de 760° C. La aleación es susceptible a la corrosión bajo tensión. Dureza: 68 HRB.

5. ACERO INOXIDABLE AISI 316

Esta aleación, con 13% Cr y 18% Ni con adición de 2% Mo, tiene una excelente resistencia a la corrosión. Puede presentar la precipitación intergranular de carburos a temperaturas entre 460° C y 900° C, cuando las condiciones de corrosión son severas. La temperatura máxima de operación, en servicio continuo, recomendada es de 760° C. Tiene un precio superior al AISI 304 y se encuentra fácilmente en el mercado nacional. Dureza: 68 HRB.

6. ACERO INOXIDABLE AISI 316L

Posee la misma composición del AISI 316, con contenido de carbono limitado en 0.03%, lo que inhibe la precipitación intergranular de carburos y consecuentemente la corrosión intergranular. El rango de temperatura máxima de operación es de 760° C a 815° C. Material de disponibilidad limitada en el mercado nacional. Dureza: 68 HRB.

7. ACERO INOXIDABLE AISI 321

Aleación austenítica con 18% Cr y 10% Ni, estabilizada con Ti, que elimina la precipitación intergranular de carburos y, por lo tanto, la corrosión intergranular. Puede ser utilizada en temperatura de hasta 815° C. Material disponible en el mercado nacional, con precio un poco superior al AISI 304. Dureza: 68 HRB.

8. ACERO INOXIDABLE AISI 347

Aleación semejante al AISI 321 con 18% Cr y 10% de Ni y adición de Niobio, que elimina la corrosión intergranular, sin embargo, puede presentar corrosión bajo tensión. Temperatura de trabajo hasta 815° C. Dureza: 68 HRB

9. MONEL

Aleación con 67% Ni e 30% Cu, posee excelente resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis, excepto ácidos extremadamente oxidantes. Sujeto a la corrosión bajo tensión en presencia de ácido flúor-silícico y mercurio, no debiendo ser utilizado en estos casos. En combinación con el PTFE es muy utilizada en juntas Metalflex para condiciones severas de corrosión. Está disponible en el mercado nacional con precio bastante elevado. Temperatura máxima de operación: 815° C. Dureza: 70 HRB.

10. NÍQUEL 200

Aleación con 99% Ni, posee gran resistencia a la corrosión los álcalis cáusticos, a pesar de no poseer la resistencia global del Monel. Es también utilizado en juntas Metalflex para aplicaciones especiales. Esta disponible en el mercado nacional con precio bastante elevado. Temperatura máxima de operación: 760° C. Dureza: 45 HRB.

11. COBRE

Material bastante utilizado en juntas de pequeñas dimensiones, donde la fuerza máxima de aplastamiento es limitada. Temperatura máxima de operación: 260° C. Dureza: 50 HRF.

12. ALUMINIO

Debido a su excelente resistencia a la corrosión y facilidad de trabajo es muy utilizada en la fabricación de juntas de doble camisa. Temperatura de servicio máxima: 460° C. Dureza: 15 HV.

13. INCONEL

Aleación a base de Níquel (70%) con 15% Cr y 7% Fe tiene excelente resistencia a temperaturas criogénicas y elevadas. Límite de temperatura: 1100° C. Dureza: 99 HRB.

14. TITANIO

Metal con excelentes propiedades de resistencia a la corrosión en temperaturas elevadas, atmósferas oxidantes, al ácido nítrico y soluciones alcalinas. Límite de temperatura: 1100° C. Dureza: 90 HRB.

Además de estos materiales, los más utilizados en aplicaciones industriales son algunas veces recomendados metales o aleaciones especiales como el Hastelloy, dependiendo de las condiciones operacionales. Dejamos de analizarlos en este libro en virtud de la disponibilidad bastante limitada en el mercado nacional y de su aplicación restringida a situaciones muy especiales.

ANEXO 6.1
PRODUCTOS QUE INDUCEN A LA CORROSIÓN BAJO TENSION EN METALES O ALEACIONES

A: Aluminio

C: Acero Carbono

I : acero inoxidable 18-8

L : Latón

M: Monel

N: níquel

FLUIDO	C	I	L	M	N	A
ácido clorhídrico		X				
ácido cresílico (vapores)	X					
ácido crómico	X					
ácido fluorhídrico		X		X	X	
ácido flúor-silicio				X		
ácido nítrico + cloruro de magnesio	X					
ácido nítrico – vapores			X			
ácido nítrico diluido		X				
ácido sulfúrico + nítrico	X					
ácido sulfúrico fumante	X					
agua salada + oxígeno		X				X
aminos			X			
amoníaco (diluido)			X			
amoníaco(puro)	X					
bromuro de calcio		X				
butano + dióxido de azufre			X			
cianuro de hidrógeno + agua	X					
cianógeno	X					
cloruro de amonio	X					
cloruro de hidrógeno + agua	X	X				
cloruros inorgánicos + agua		X				
cloruros orgánicos + agua		X				
compuestos de azufre					X	
hidróxido de potasio	X	X		X		
hidróxido de sodio	X	X	X	X	X	
licor sulfato (blanco)	X	X				
licor de sulfuro		X				
mercurio				X	X	
nitrate de amonio	X	X	X			
nitratos de mercurio				X	X	
nitratos inorgánicos	X					
permanganato de potasio	X					
sales silicofluoruros				X		
sulfito de hidrógeno + agua	X					
vapor de agua			X	X		

ANEXO 6.2

PRODUCTOS QUE INDUCEN CORROSIÓN INTERGRANULAR EN LOS ACEROS AUSTENÍTICOS

FLUIDO
ácido acético
ácido acético + ácido salícico
ácido cianhídrico
ácido cianhídrico + dióxido de azufre
ácido crómico
ácido fluorhídrico + sulfato de hierro
ácido fórmico
ácido fosfórico
ácido ftálico
ácido láctico
ácido láctico + ácido nítrico
ácido maléico
ácido nítrico
ácido nítrico + ácido clorhídrico
ácido nítrico + ácido fluorhídrico
ácido oxálico
ácido sulfámico
ácido sulfúrico
ácido sulfúrico + ácido acético
ácido sulfúrico + ácido nítrico
ácido sulfúrico + metanol
ácido sulfúrico + sulfato de cobre
ácido sulfúrico + sulfato de hierro
ácido sulfuroso
ácidos grasos
agua + amido + dióxido de azufre
agua + sulfato de aluminio
agua do mar
cloruro de cromo
cloruro de hierro
dióxido de azufre (húmedo)
disulfato de calcio + dióxido de azufre (ácido gástrico)
disulfato de sodio
fenol + ácido nafténico
hidróxido de sodio + sulfuro de sodio
hipoclorito de sodio

ANEXO 6.2 (Continuación)**PRODUCTOS QUE INDUCEN CORROSIÓN INTERGRANULAR
EN LOS ACEROS AUSTENÍTICOS**

FLUIDO
licor sulfuroso de cocción
nitrate de amonio
nitrate de calcio
nitrate de plata + ácido acético
aceite crudo
spray de sal
soluciones de sulfuro
jugo de remolacha
sulfato de amonio
sulfato de amonio + ácido sulfúrico
sulfato de cobre
sulfato de hierro

ANEXO 6.3

RESISTENCIA QUÍMICA DE METALES PARA JUNTAS

B: buena resistencia — **R:** resistencia regular — **F:** poca resistencia

A : Aluminio

N : Níquel

S : acero carbono

C : Cobre

4 : acero inoxidable AISI 304

M : Monel

6 : acero inoxidable AISI 316

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
ácido bórico	B	R	B	B	B	B	F
ácido brómico	F	-	-	-	-	-	F
ácido carbólico, fenol	B	F	B	B	B	B	-
ácido cianhídrico	-	-	B	-	B	B	-
ácido cítrico	B	B	B	-	B	B	F
ácido clorhídrico, frío	F	F	-	-	F	F	F
ácido clorhídrico, caliente	F	F	-	-	F	F	F
ácido cloroacético	F	F	-	R	F	F	F
ácido crómico	F	F	R	-	-	B	-
ácido esteárico	-	-	B	B	B	B	-
ácido fluorhídrico, menos de 65%	F	F	R	F	F	F	F
ácido fluorhídrico, más de 65%	F	R	B	-	F	F	-
ácido fluor-silicio	-	-	-	-	F	F	F
ácido fórmico	F	R	-	-	R	R	F
ácido fosfórico, hasta 45%	-	R	R	-	B	B	F
ácido fosfórico, más de 45%, frío	F	R	F	R	B	B	F
ácido fosfórico, más de 45%, caliente	F	-	-	-	F	F	-
ácido láctico, frío	-	-	B	B	-	R	F
ácido láctico, caliente	F	-	-	F	-	-	-
ácido nítrico concentrado	B	F	F	F	R	R	F
ácido nítrico, diluido	F	F	F	F	B	B	F
ácido oleico	B	F	B	B	B	B	-
ácido oxálico	R	B	R	R	B	B	F
ácido palmítico	B	B	B	-	B	B	B
ácido pícrico	F	F	F	F	B	B	-
ácido sulfúrico hasta 10%, frío	-	-	-	-	R	R	F
ácido sulfúrico hasta 10%, caliente	-	F	-	F	F	R	F
ácido sulfúrico 10-75%, frío	-	F	-	-	F	R	F
ácido sulfúrico 10-75%, caliente	F	F	-	F	F	F	R
ácido sulfúrico 75-95%, frío	-	F	-	-	B	B	-
ácido sulfúrico 75-96%, caliente	F	F	-	F	F	F	R
ácido sulfúrico fumante	-	F	F	F	-	R	-
ácido sulfuroso	-	-	F	F	F	-	B
ácido tánico	F	B	B	B	R	R	-
ácido tartárico	B	-	-	-	-	B	F

ANEXO 6.3 (Continuación)

RESISTENCIA QUIMICA DE METALES PARA JUNTAS

B: buena resistencia — **R:** resistencia regular — **F:** poca resistencia

A : Aluminio

C : Cobre

M : Monel

N : Níquel

4 : acero inoxidable AISI 304

6 : acero inoxidable AISI 316

S : acero carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
agua destilada	B	F	-	B	B	B	F
agua de mar	F	-	B	-	F	F	-
agua potable	B	B	B	-	B	B	-
alquitran	B	B	R	-	B	B	B
alcohol butílico, butanol	-	B	-	B	-	-	-
amonico, gas, frío	B	-	B	-	B	B	B
amonico, gas, caliente	-	F	-	-	-	-	-
anhídrido acético	-	R	R	R	-	R	F
anilina	F	F	B	-	B	B	B
aire	B	B	B	B	B	B	B
asfalto	-	B	B	-	B	-	B
benceno	B	B	B	-	B	B	B
benzol	B	B	B	-	B	B	B
bicarbonato de sodio	F	-	B	B	B	B	-
bórax	R	R	B	B	B	B	B
bromo	-	F	-	-	F	F	F
butano	B	-	B	-	-	B	B
cerveza	B	B	B	B	B	B	B
cianuro de potasio	F	F	B	-	B	B	B
cloruro de aluminio	F	R	B	-	F	F	R
cloruro de amonio	F	F	R	R	R	R	-
cloruro de bario	F	-	-	B	R	B	-
cloruro de calcio	-	B	R	-	-	-	B
cloruro de cobre	F	-	R	-	F	F	R
cloruro de azufre	-	F	-	-	-	-	-
cloruro de etilo	-	B	B	B	B	B	B
cloruro de magnesio	F	R	R	R	R	R	R
cloruro de mercurio	F	F	F	F	F	F	-
cloruro de metileno	-	B	B	-	-	-	B
cloruro de níquel	F	F	-	-	R	R	-
cloruro de potasio	-	B	B	B	B	B	B
cloruro de sodio	F	R	B	-	B	R	B
cloruro de zinc	F	F	B	-	F	F	-
cloruro estaño	F	F	F	F	-	-	-
cloruro fèrrico	F	F	F	F	F	F	F

ANEXO 6.3 (Continuación)

RESISTENCIA QUÍMICA DE METALES PARA JUNTAS

B: buena resistencia — **R:** resistencia regular — **F:** poca resistencia

A : Aluminio

C : Cobre

M : Monel

N : Níquel

4 : acero inoxidable AISI 304

6 : acero inoxidable AISI 316

S : acero carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
cloro (seco)	B	B	B	-	B	B	B
cloro (Húmedo)	F	F	F	-	F	-	F
cola	B	-	B	-	B	B	B
dióxido de carbono, seco	B	B	B	-	B	B	B
dióxido de carbono, húmedo	R	R	B	-	B	B	R
dióxido de azufre, seco	B	B	B	B	B	B	B
trióxido de azufre, seco	B	B	B	-	B	B	B
disulfuro de carbono	B	F	B	-	B	B	B
disulfito de calcio	-	F	F	-	-	B	F
dowtherm A	B	F	-	-	-	-	B
dowtherm E	F	B	-	-	-	-	B
azufre	B	F	F	F	R	R	B
alcantarillado doméstico	R	-	B	-	R	R	R
éter	B	B	R	-	-	-	B
fluoruro de aluminio	F	-	-	-	-	-	-
formaldehído	R	R	B	-	B	B	R
fosfato de amonio	R	R	B	B	B	B	F
fosfato de sodio	B	-	B	B	-	B	-
freon	B	B	B	-	-	-	-
furfural	B	B	B	-	B	B	B
gas de alto horno	-	F	-	-	-	-	B
gas natural	-	B	B	-	B	B	B
gasolina	B	B	B	B	B	B	B
gelatina	B	-	B	-	B	B	-
glicerina, glicerol	B	R	B	-	B	B	B
glicosa	B	B	B	-	B	B	B
hidrógeno, gas frío	B	B	B	-	B	B	B
hidrógeno, gas caliente	B	B	B	-	B	B	B
hidróxido de amonio	R	F	-	-	B	B	B
hidróxido de bario	F	F	-	B	B	-	-
hidróxido de calcio	-	-	B	B	R	R	B
hidróxido de magnesio	F	F	B	B	B	B	B
hidróxido de potasio	F	F	B	B	R	R	-
hidróxido de sodio	F	F	B	B	R	R	B
hipoclorito de sodio	F	-	-	-	F	F	F

ANEXO 6.3 (Continuación)**RESISTENCIA QUIMICA DE METALES PARA JUNTAS****B:** buena resistencia — **R:** resistencia regular — **F:** poca resistencia**A :** Aluminio**N :** Níquel**S :** acero carbono**C :** Cobre**4 :** acero inoxidable AISI 304**M :** Monel**6 :** acero inoxidable AISI 316

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
leche	B	-	B	B	-	B	B
licores de caña de azúcar	B	B	B	-	B	B	B
metanol	B	B	B	-	B	B	B
mercurio	F	F	B	-	B	B	B
nitrato de amonio	R	F	-	-	B	B	B
nitrato de sodio	B	R	B	B	R	B	B
aceite combustible	-	B	B	-	B	-	B
aceite combustible, (ácido)	-	-	B	-	-	-	-
aceite de algodón	B	-	B	-	B	B	B
aceite de linaza	B	B	B	-	B	B	B
aceite lubricante refinado	B	B	B	-	B	-	B
aceite de maíz	B	-	B	-	B	B	B
aceites minerales	B	B	B	-	B	B	B
aceites de soja	-	-	-	-	B	B	-
oxígeno, frío	B	B	B	-	B	B	B
oxígeno, hasta 260°C	B	B	B	-	B	B	B
oxígeno, 260 a 540°C	-	F	B	-	B	B	-
oxígeno, más de 540°C	F	F	F	B	F	F	F
peróxido de hidrógeno	B	F	R	R	B	B	F
peróxido de sódio	B	-	B	B	B	B	-
petróleo crudo, hasta 540°C	B	-	-	-	B	B	B
petróleo crudo, más de 540°C	F	F	F	F	F	F	F
propano	-	-	B	-	B	B	B
querosene	-	B	B	-	B	B	B
jabón	-	-	B	-	B	B	B
silicato de sodio	F	-	B	B	-	B	B
solventes clorados, secos	B	B	B	-	B	-	B
solventes clorados, húmedos	F	F	B	-	-	-	F
sulfato de aluminio	-	R	R	-	R	R	F
sulfato de amonio	-	R	B	-	B	B	B
sulfato de cobre	F	-	B	-	B	B	F
sulfato de magnesio	-	B	B	-	B	B	B
sulfato de níquel	F	F	-	-	B	B	-
sulfato de potasio	B	B	B	B	R	R	B
sulfato de sodio	-	B	R	B	B	B	B

ANEXO 6.3 (Continuación)

RESISTENCIA QUÍMICA DE METALES PARA JUNTAS

B: buena resistencia — **R:** resistencia regular — **F:** poca resistencia

A : Aluminio

C : Cobre

M : Monel

N : Níquel

4 : acero inoxidable AISI 304

6 : acero inoxidable AISI 316

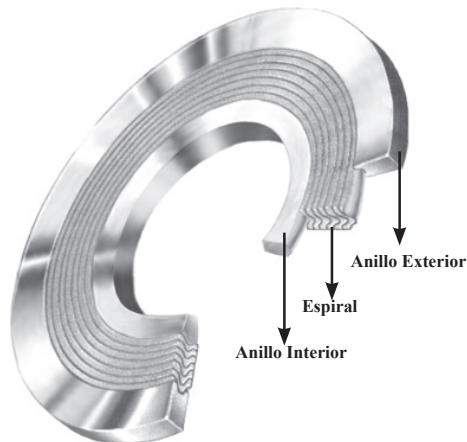
S : acero carbono

FLUIDO	A	C	M	N	4	6	S
sulfato de zinc	-	F	B	-	B	-	-
sulfato férrico	F	F	F	F	R	B	F
sulfeto de sodio	F	F	R	R	B	B	B
sulfito de bario	-	F	B	-	B	B	-
sulfito de hidrógeno, frío	B	F	B	B	B	B	B
sulfito de hidrógeno, caliente	B	F	F	F	-	-	F
sulfuro de sódio	F	F	R	R	B	B	B
tetracloruro de carbono	-	-	B	-	-	-	-
tolueno	B	-	B	-	-	-	B
tricloroetileno	-	-	B	-	-	-	-
whisky	B	-	B	-	R	B	F
vapor, hasta 200°C	B	B	B	B	B	B	B
vapor, hasta 400°C	-	-	-	-	B	B	B
vapor, más de 400°C	F	F	F	F	B	B	F
vinagre	-	-	B	-	R	B	-
vino	B	-	B	-	R	B	F

JUNTAS METALFLEX®

1. ¿QUÉ ES UNA JUNTA METALFLEX® ?

Es una espiral constituida por una cinta metálica preformada y rellena con material blando que, interactuando, proporcionan el sellado. Cuando se realiza el aplastamiento inicial de la junta el relleno escurre rellenando las imperfecciones de la brida. La cinta metálica tiene la función de dar resistencia mecánica.



Su formato en 'V' como un anillo "chevron" permite a la junta reaccionar como un resorte acomodándose a las variaciones de presión y temperatura.

Puede ser fabricada en diversas combinaciones de materiales, dimensiones y formas. Las juntas para bridas ASME y EN son estandarizadas y producidas en serie. Las juntas Metalflex® son cada vez más utilizadas cubriendo un amplio rango de aplicación,

ofreciendo un sellado eficiente. Capaz de soportar presiones y temperaturas elevadas a un costo bastante reducido.

Este capítulo presenta las principales normas técnicas, valores para proyectos y otras informaciones relacionadas a las juntas Metalflex®.

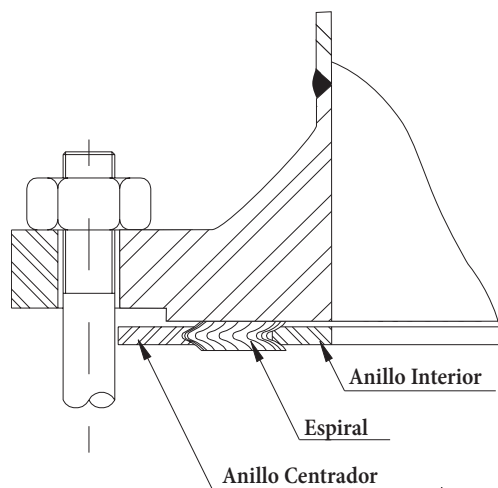


Figura 7.1

2. MATERIALES

2.1. CINTA METÁLICA

La cinta metálica esta estandarizada en el espesor de 0,19 mm, con un ancho que varía según el espesor final de la junta.

Los metales normalmente disponibles en el mercado en cintas adecuadas a fabricación de Juntas Metalflex son:

- Acero inoxidable AISI 304L: son los materiales más usados debido a su precio y características de resistencia a la corrosión.
- Acero inoxidable AISI 316L
- Acero inoxidable AISI 317.
- Acero inoxidable AISI 321.
- Monel.

Las características principales y recomendaciones de uso para estos materiales están en el Capítulo 6 de este libro.

2.2. RELLENO

El relleno es el responsable de la sellabilidad de la junta, para eso deben ser usados materiales con elevada capacidad de sellado.

El acabado del relleno para que la junta tenga una buena sellabilidad debe quedar un poco encima de la cinta metálica. El relleno arriba o debajo de la cinta metálica no entra en contacto con la superficie de la brida, dejando de desempeñar su función en la junta. En la conferencia ASME PVP 2011 fue presentado el estudio “The Influence of Winding Density in the Sealing Behavior of Spiral Wound Gaskets” [28] que mostró la influencia del relleno en la sellabilidad de la junta.

2.2.1. GRAFITO FLEXIBLE - GRAFLEX®

Las características de baja permeabilidad, conformabilidad, estabilidad térmica y resistencia química transformaron este material en el más empleado como relleno de juntas, especialmente las Metalflex.

Las principales características del Graflex se encuentran en la Sección 5 del Capítulo 3 de este libro.

Por tener resistencia a la temperatura y el Graflex estar confinado entre las espirales metálicas, las juntas tipo espiral con este relleno son consideradas “fire safe” y usadas en servicios con productos inflamables tales como combustibles e hidrocarburos en general. Las industrias tienen estandarizadas las juntas espirales en acero inoxidable AISI 304 L y relleno en Grafex para la mayoría de las aplicaciones en refinerías, industrias químicas y petroquímicas a temperatura de hasta 450° C.

Temperaturas superiores a 450° C en atmósferas oxidantes, incluyendo el aire, degradan el material. En este caso, es necesario confinamiento de la junta, protegiendo al grafito flexible del contacto directo con el medio oxidante.

Para juntas en contacto directo con el aire y temperatura superior a 450°C, el Grafito Flexible reacciona con el oxígeno del aire, la junta pierde su relleno continuamente, derivando en escape a lo largo del tiempo.

2.2.2. GRAFITO FLEXIBLE PARA ALTAS TEMPERATURAS - GRAFLEX® HT

Para cumplir las necesidades de aplicación en elevadas temperaturas se ha desarrollado el Graflex® HT, que posee en su composición inhibidores de oxidación, que permiten el trabajo en temperaturas hasta 650° C. Las demás propiedades permanecen iguales.

2.2.3. PTFE

Es usado como relleno cuando se requiere resistencia química elevada, en temperaturas criogénicas hasta 260 °C. Las juntas en PTFE presentan una tendencia al pandeo en el diámetro interno, por eso si la junta no va a ser instalada en bridas del tipo lengüeta y ranura, es obligatorio en uso de anillo interno.

2.2.4. MICAFLX®

El relleno Micaflex ha sido desarrollado para permitir la aplicación de juntas espirales en temperaturas de trabajo de hasta 1000° C. Se fabrica a partir de láminas de mica con aleación inorgánica. Resistente a la mayoría de los productos químicos tales como solventes, ácidos, bases, productos orgánicos e hidrocarburos. Entretanto, las juntas con relleno en Micaflex no presentan el mismo nivel de sellabilidad del Graflex, por esta razón el relleno de Micaflex es normalmente usado en conjunto con el Graflex HT, juntando la excelente sellabilidad de éste a la elevada resistencia a la temperatura del Micaflex, que actúa como barrera antioxidante.

2.3. ANILLO DE CENTRALIZACIÓN

La Figura 7.1 muestra una junta espiral con un anillo centrador y el anillo interno. No entrando en contacto directo con el fluido, el anillo centrador normalmente se fabrica en acero al Carbono AISI 1010/1020. Los anillos centradores en acero al carbono reciben un acabado anticorrosivo, que puede ser pintura o algún tipo de galvanización. Cuando las bridas son en acero inoxidable se puede usar el anillo centrador del mismo material de la brida para evitar su contaminación con el acero carbono. En ambientes extremadamente agresivos o a temperaturas criogénicas también se recomienda el uso del anillo externo en acero inoxidable.

2.4. ANILLO INTERNO

Para evitar el aplastamiento excesivo de las juntas de alta presión, debido a la fuerza de ajuste de los pernos, es necesario instalar un anillo interno, según muestra la Figura 7.1.

Al inicio las juntas de tipo espiral se producían, en su mayoría, sin anillo interno, sin embargo, informes de accidentes en campo y estudios [29, 30] mostraron que no existe forma de demostrar que no hay pandeo independientemente de la dimensión o clase de presión de la junta. El pandeo es la proyección de la espiral en el sentido del interior de la tubería como se muestra en la Figura 12.29, en caso de ocurrir, la junta tendrá su sellabilidad comprometida. El anillo interno es un medio efectivo de evitar que esto ocurra.

El anillo interno también proporciona mayor sellabilidad a la junta, en especial las de dimensiones mayores, que son muy inestables entorpeciendo su transporte, manipulación e instalación. El espesor del anillo interno es el mismo de la guía de centralización y usualmente fabricado con el mismo material de la cinta metálica de la junta.

3. DENSIDAD

En el proceso de fabricación de la espiral, la cinta metálica y el relleno son mantenidos bajo presión. Combinando esta presión de fabricación y el espesor del relleno, pueden ser fabricadas juntas de diferentes densidades. Esta es una característica muy importante para el desempeño de la junta de acuerdo con lo mostrado en la Sección 13 de este Capítulo.

Para satisfacer las necesidades de valores bajos de emisiones fugitivas, se realizó una investigación sobre la densidad de las juntas espirales, cuyo resultado se presentó en el Congreso ASME PVP 2011 bajo el título The Influence of Winding Density in the Sealing Behavior of Spiral Wound Gaskets [28].

La densidad de una junta en espiral se define como el número de vueltas de metal y relleno por milímetro de ancho de la junta. Las juntas que se encuentran en el mercado suelen tener una densidad de 0,80 vueltas por milímetro (v / mm) a 1,35 v / mm.

El gráfico en la Figura 7.2 muestra el resultado de la prueba con juntas de una densidad de 0.869 v / mm, 0.994 v / mm y 1.132 v / mm. Como se puede ver en el gráfico, hay una gran reducción de las fugas con el aumento de la densidad de la junta (número de vueltas por mm).

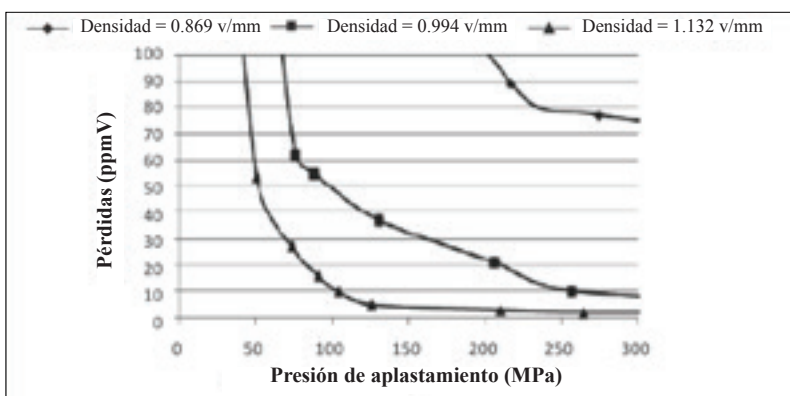


Figura 7.2

Otra característica de la junta de baja densidad es que las superficies de sellado de las bridas hacen contacto con el anillo de centrado. Esta característica limita la capacidad de sujeción de la junta y, en consecuencia, reduce su capacidad de sellado. Al hacer contacto con la brida, el anillo de centrado actúa como un punto de apoyo que hace que la brida gire en el plano perpendicular al eje de la tubería como se muestra en la Figura 7.3, en esta situación hay una reducción de la tensión en la región del diámetro interno de la junta, reduciendo aún más su sellabilidad.

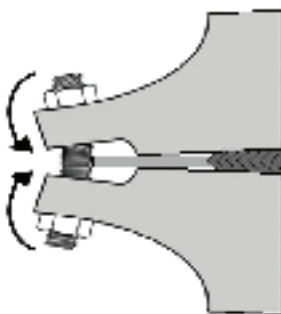


Figura 7.3

La cantidad de relleno que sobresale más allá de la cinta de metal es otra característica importante. En las juntas convencionales, esta característica no está controlada, facilitando situaciones donde el relleno está frente sobre la cinta metálica. La figura 7.4 muestra un gráfico de una junta fabricada con el relleno sobre la cinta metálica. Como se puede ver, la junta solo comienza a sellar con valores superiores a 140 MPa de aplastamiento, valores que son imposibles de alcanzar en la mayoría de las bridas existentes en las industrias.

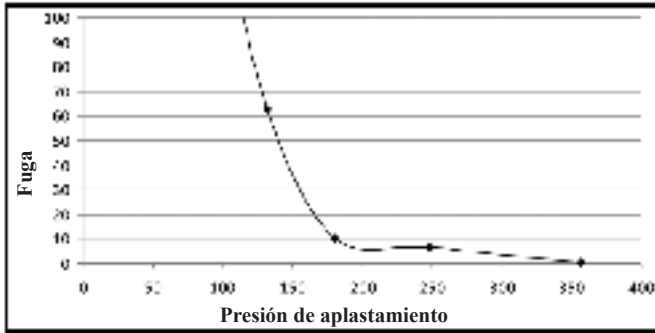


Figura 7.4

4. DIMENSIONAMIENTO

El proyecto de juntas para bridas no normalizadas debe ser hecho de forma tal que la espiral esté siempre en contacto con las superficies de las bridas. Si la espiral es más pequeña que el diámetro interno, o más grande que la superficie de la brida, puede haber una rotura, perjudicando el sellado, o, incluso, producir pérdidas. Si la espiral se dispersa por dentro del diámetro interno de la brida, los pedazos pueden ser arrastrados por el fluido, dañando el equipo.

Las recomendaciones dadas a continuación, deben ser usadas al dimensionar las espirales de las juntas no normalizadas.

- ***Juntas confinadas en los diámetros internos y externos:***
 $\text{diámetro interno de la junta} = \text{diámetro interno del canal} + 1.6\text{mm.}$
 $\text{diámetro externo de la junta} = \text{diámetro externo del canal} - 1.6\text{mm}$
- ***Juntas confinadas solamente al diámetro externo:***
 $\text{diámetro interno de la junta} = \text{diámetro interno de la cara} + \text{como mínimo } 6.4\text{mm.}$
 $\text{diámetro externo de la junta} = \text{diámetro externo del resalte} - 1.6\text{mm.}$
- ***Juntas en bridas lisas o con resalte:***
 Utilizar siempre juntas con el anillo interno para evitar el pandeo de la espiral. El anillo interno debe ser dimensionado de forma tal que su ancho tenga como mínimo 5mm y no se proyecte al interior de la tubería o equipo.

Las dimensiones de los diámetros interno y externo deben ser ajustadas de modo a atender las recomendaciones de la fuerza de aplastamiento “y” y del factor “m”, según se detalla en el Capítulo 2 de este libro.

5. ESPESOR

Los espesores de fabricación normados para las juntas Metalflex® son 3.2 mm (1/8”), 4.45 mm (0. 175”), 4.76 mm, (3/16”) y 6.4 mm (1/4”).

Después del aplastamiento, el espesor final de la junta debe quedar de acuerdo con la Tabla 7.1. El espesor final recomendado es el que la experiencia mostró como la mejor parte para una máxima resiliencia de la junta.

Tabla 7.1
Espesor de las Juntas

Espesor de fabricación - mm (plg)	Espesor después del aplastamiento - mm
3.2 (1/8)	2.3 a 2.5
4.45 (0.175)	3.2 a 3.4
4.76 (3/16)	3.2 a 3.4
6.4 (¼)	4.6 a 5.1

6. LIMITACIONES DIMENSIONALES Y DE ESPESOR

Las juntas Metalflex® pueden ser fabricadas en diámetros de 12 mm (1/2”) a 3 800 mm (150”). Juntas con dimensiones fuera de lo recomendado en estas tablas presentan gran inestabilidad y son difíciles de fabricación y manipulación. Para evitar daños en el transporte y manipulación, se recomienda la utilización del anillo interno en juntas con diámetro interno mayor a 1 000 mm.

Tabla 7.2
Limitaciones Dimensionales de las Juntas

Espesor (mm)	Diámetro interno máximo (mm)	Ancho máximo (mm)
3.2	1 000	13
4.45 o 4.76	1 800	25
6.4	3 800	32

Las juntas con relleno en PTFE, poseen mayor tendencia a “desarmarse” durante el transporte y manipulación, sus limitaciones son más ajustadas, según lo mostrado en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3
Limitaciones Dimensionales de las Juntas con relleno de PTFE

Espesor (mm)	Diámetro interno máximo (mm)	Ancho máximo (mm)
3.2	500	16
4.45 o 4.76	1 100	20
6.4	3 000	20

7. TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

Las tolerancias de fabricación para juntas no normalizadas se indicarán en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4
Tolerancias de Fabricación

Diámetro interno (mm)	Tolerancia en el diámetro (mm)	
	interno	externo
hasta 250	- 0.8, + 1.6	- 1.6, + 0.8
250 a 700	- 0.8, + 1.6	- 1.6, + 0.8
superiores a 700	± 1.6	± 1.6

La tolerancia en el espesor de la espiral es de ± 0.13 mm medido en la cinta metálica. En juntas con relleno de PTFE o con diámetro interno menor que 25 mm o con pared mayor que 25 mm, la tolerancia es de + 0.25 mm, - 0.13 mm.

8. ACABADO DE LAS SUPERFICIES DE SELLADO

De acuerdo con lo explicado en el inicio de este capítulo, las juntas Metalflex® dependen de la acción conjunta de la cinta metálica y del relleno para un sellado eficiente. Cuando una junta es aplastada, el relleno “se esparce”, ocupando las imperfecciones de la brida.

La resistencia mecánica y la resiliencia son dadas por la cinta metálica. De esta forma mientras más irregular sea la superficie de la brida, mayor será la dificultad en hacer escurrir el relleno y obtener un sellado adecuado.

Aunque puedan ser usadas con la mayoría de los acabados encontrados en las bridas comerciales, la experiencia recomienda los siguientes acabados como los más adecuados:

Tabla 7.5
Terminado de las Superficies de Sellado

Aplicación	Terminado de las bridas - R_a	
	μm	μpol
Uso general	6.3	250
Fluidos peligrosos o gases	3.2	125
Trabajo en vacío	2.0	80

A ASME PCC-1 [6] recomienda el acabado entre $3.2 \mu\text{m}$ (125 μpol) a $6.3 \mu\text{m}$ (250 μpol).

Importante: las superficies de sellado de las bridas no pueden tener fisuras o marcas radiales, esto es, que se extiendan del diámetro interno al externo. La existencia de las irregularidades de este tipo dificulta el sellado en cualquier tipo de junta, en especial, para las Metalflex®.

9. VALORES PARA CÁLCULO CÓDIGO ASME Y APÉNDICE-O PCC-1

Los valores de “m” e “y” para el cálculo según el código ASME están en la tabla 7.6 y los valores para el cálculo de la instalación de la junta según el ASME PCC-1 en la tabla 7.7.

Tabla 7.6
Valores para el cálculo

m	y
3	10 000

Tabla 7.7
Valores para el cálculo ASME PCC-1

Propiedad	Valor (psi)
Tensión de mínimo aplastamiento de instalación ($S_{g_{min-S}}$)	10 000
Tensión mínima de aplastamiento de la junta durante la operación($S_{g_{min-O}}$)	3 900
Tensión máxima de aplastamiento de la junta ($S_{g_{max}}$)	43 000
Fracción de relajamiento de la junta (ϕg)	0.80
Rotación máxima permisible de la brida (θg_{max})	1°

Estos valores son recomendados para juntas con anillos interno y externo instalados en bridas tipo RF. Para otros tipos de juntas o bridas son necesarios pruebas para validar los valores de estas características.

10. TIPOS

Las juntas Metalflex® son fabricadas en varias formas geométricas, tales como circular, oval, diamante, cuadrada, rectangular u otras. Los anillos de centralización o de refuerzo interno, pueden ser incorporados a las juntas para adecuarlas mejor a las condiciones específicas de cada equipamiento o tubería.

Los diversos tipos de juntas, sus aplicaciones típicas y particularidades de fabricación están detallados en las páginas siguientes.

11. JUNTAS TIPO 911

Es el tipo más simple, consistiendo apenas de una espiral circular, sin anillo de centralización. Las juntas Metalflex® 911 son utilizadas principalmente en bridas Norma ASME B.16.5 [46] tipo lengüeta y ranura (Figura 7.5) o macho y hembra. También son usadas en equipos donde existen limitaciones de espacio y peso.

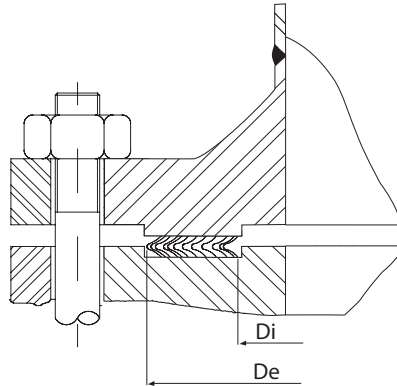


Figura 7.5

11.1. TIPO 911-M

Es la espiral de sellado con anillo interno (Figura 7.6). La finalidad de este anillo es rellenar el espacio entre las bridas, evitando la turbulencia en la salida del fluido y la erosión de las superficies de las bridas. Es usado también como limitador de compresión, cuando la presión de aplastamiento es mayor que 210 MPa.

Las juntas con relleno de PTFE tienen tendencia a esparcirse en el sentido del diámetro interno, para este material, es obligatorio el uso del anillo interno, cuando la junta no sea instalada confinada por el diámetro interno.

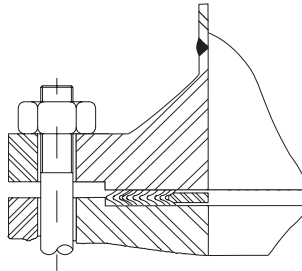


Figura 7.6

11.2. TIPO 911-T

Divisiones de perfil de doble camisa metálica son soldadas a la espiral de sellado (Figura 7.7). Los travesaños son fabricados con el mismo material del espiral y fijados por soldadura de plasma. Para reducir la fuerza de aplastamiento, el espesor de los travesaños es normalmente un poco menor que el de la espiral.

Este tipo de junta ofrece una sellabilidad mayor que la junta para intercambiador de calor convencional (doble camisa), principalmente cuando el relleno de la espiral es de Grafito Flexible. Sin embargo, el riguroso control de apriete (torque), la manipulación e instalación exigen mayores cuidados, limitando su aplicación.

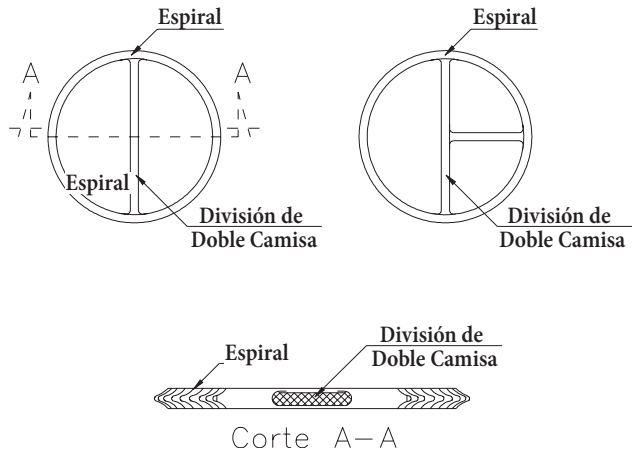


Figura 7.7

12. JUNTAS TIPO 913

Construido de la espiral de sellado con un anillo exterior de metal sólido, que sirve como anillo de centrado, limitador de compresión y también para proporcionar una mayor resistencia mecánica a la espiral (Figura 7.8).

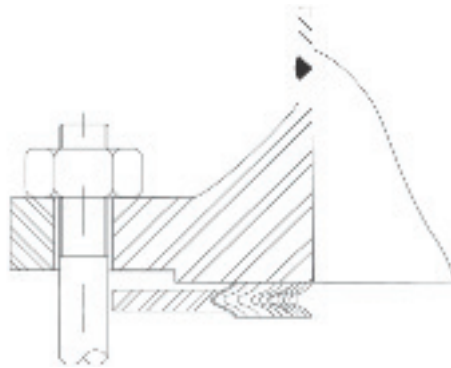


Figura 7.8

12.1. JUNTAS TIPO 913M DE ACUERDO CON LA NORMA ASME B16.20

Diversos países desarrollaron normas dimensionales para este tipo de junta. La Norma ASME B16.20 [31] ha sido la más empleada, pues fue dimensionada para las bridas ASME B16.5 [46] y B16.47 [48]. Usadas mundialmente, las juntas fabricadas obedecen a las recomendaciones de la Norma ASME B16.20 son producidas en grandes cantidades y fácilmente encontradas en el mercado. Tienen un costo muy reducido, si se comparan con juntas de desempeño equivalente.

Al especificar una junta metálica para bridas de tuberías, la Metalflex 913M (Figura 7.9) fabricada de acuerdo con la Norma ASME B 16.20 debe ser la primera opción de un proyecto. El uso de otro tipo de junta metálica solo debe ser recomendado si las condiciones específicas de aplicación lo exigen.

12.2. APLICACIÓN

Las juntas ASME B16.20 están dimensionadas para el uso en bridas ASME B16.5, ASME B16.47, Serie A y Serie B. Por lo tanto, al especificar una junta Metalflex® para estos tipos de bridas, no es necesario dimensionarla. Basta apenas especificar los materiales, que deben ser compatibles con el fluido a ser sellado y determinar cuál es la clase de presión y el diámetro nominal. En los Anexos 7.1 y 7.3, en el final de este capítulo, están las dimensiones, tolerancias de fabricación y recomendaciones de uso.

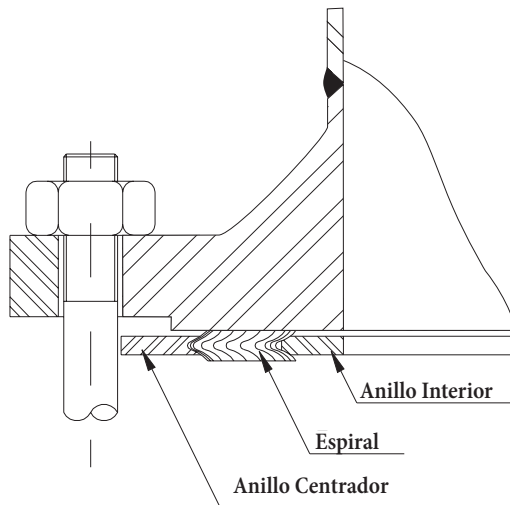


Figura 7.9

12.3. MATERIALES

Los materiales estandarizados son:

- Cinta metálica: acero inoxidable AISI 304.
- Relleno: grafito flexible Graflex o PTFE.
- Anillo centrador: acero al Carbono AISI 1010/1020.
- Anillo interno: AISI 304.

Otros materiales también pueden ser suministrados por encargo.

12.4. ESPIRAL

La espiral debe tener las siguientes características:

- Por lo menos tres vueltas iniciales y tres finales de cinta metálica sin relleno.
- Las vueltas iniciales de cinta metálica deben ser soldadas a punto, con espacios aproximados de separación de, como máximo, 3" (76.2mm), con un mínimo de tres puntos de soldadura.
- La vuelta final de cinta metálica con tres puntos de soldadura con espacios de, aproximadamente, 1.50" (38.1mm), cada uno.
- Para asegurar el encastre con el anillo centrador, pueden ser usadas hasta cuatro vueltas sueltas de cinta metálica. Estas vueltas sueltas no son incluidas al determinar el diámetro externo de la espiral.

12.5. MARCACIÓN

El anillo centrador es marcado con símbolos de no menos que 1/8" (3.2mm) de altura, constando las siguientes indicaciones:

- Identificación del fabricante (nombre o marca).
- Diámetro nominal de la brida.
- Clase de presión.
- Recomendación del material de la cinta metálica, cuando no sea AISI 304.
- Recomendación del material de relleno.
- Recomendación de los materiales de los anillos, cuando no fueran los estandarizados: AISI 1010/1020 para el anillo centrador y AISI 304 para el anillo interno.
- Identificación: ASME B16.20.

12.6. CÓDIGOS DE COLORES

El perfil del anillo centrador debe ser pintado de modo que facilite la identificación de las juntas en almacenamiento. La identificación del material de la cinta metálica debe ser pintada continuamente en todo el perfil del anillo centrador. El material de relleno se identifica con un mínimo de cuatro listas igualmente separadas a lo largo del perfil. Los colores están de acuerdo con las tablas 7.8 e 7.9.

Tabla 7.8

Código de Colores de la Cinta Metálica

Cinta metálica	Color
AISI 304 / AISI 304L	Amarillo
AISI 316 / AISI 316L	Verde
AISI 347	Azul
AISI 321	Turquesa
Monel	Naranja
Níquel	Rojo
Inconel	Dorado

Tabla 7.9

Código de Colores del Relleno

Relleno	Color
PTFE	Blanco
Grafite Flexible - Graflex®	Gris
Micaflex®	Azul Claro
Grafite Flexible Alta Temperatura	Negro

13. PRUEBAS DE DESEMPEÑO

En el Congreso ASME PVP 2017, se presentó el estudio PVP2017-65371 Spiral Wound Gaskets Performance Testing [59] lo que sugiere la adopción de una prueba de sellabilidad para verificar que las juntas de acuerdo con la norma ASME B16.20 cumplan con los requisitos de emisión de la EPA. En este estudio, juntas con diferentes construcciones fueron analizadas, algunas de las cuales, a pesar de cumplir con las especificaciones de la norma, no presentaban una capacidad de sellado adecuada. A finales de 2017, se revisó el estándar ASME B16.20 introduciendo dos pruebas de rendimiento para juntas con un anillo interno. Prueba de sellabilidad con gas metano, similar a la sugerida en el estudio PVP2017-65371 y prueba de aplastamiento. Este último es para garantizar que las juntas tengan una densidad compatible con el servicio al que están destinadas. Como se explicó anteriormente, la densidad es un factor extremadamente importante para el rendimiento de la junta.

13.1. PRUEBAS DE SELLABILIDAD

Introducido en la revisión de 2017 del estándar ASME B16.20, la prueba de sellabilidad requiere que para juntas con anillos internos y centradores de todas las dimensiones y clases de presión correspondientes, deben ser capaces de presentar una fuga máxima de 0.0137 mg / s-m. Para este cálculo, el perímetro externo de la espiral se calcula de acuerdo con el diámetro de la tabla en el Anexo 7.1.

La prueba se realiza a temperatura ambiente con gas metano con un mínimo de 97% de pureza. La presión de prueba debe ser de 20 bar (290 psi) para juntas de clase 150 y 40 bar (580 psi) para las otras clases de presión. El acabado de la superficie de sellado debe estar de acuerdo con ASME B16.5 y el dispositivo de prueba debe aplicar un apriete uniforme a través de la superficie de sellado de la junta.

El apriete de la junta, calculado considerando las dimensiones de la espiral de sellado según el anexo 7.1, debe ser la siguiente:

- Clase 150: 35 MPa (5,000 psi)
- Clase 300 y 400 grados: 56 MPa (8,000 psi)
- Clase 600 y superior: 70 MPa (10,000 psi)

La presión de prueba debe mantenerse durante un mínimo de 4 horas. Después de este tiempo, se toman 3 lecturas con 5 minutos de diferencia. El promedio de estas lecturas es la fuga de la junta, que debe ser inferior a 0,0137 mg / s-m.

13.2. PRUEBAS DE APLASTAMIENTO

Las juntas rellenas con grafito flexible deben someterse a pruebas de aplastamiento para garantizar que tengan una densidad compatible con la clase de servicio prevista. El espesor mínimo después del apriete es de 3.43 mm cuando se aplasta uniformemente. Para calcular el área de la junta, los diámetros internos y externos de la espiral se consideran de acuerdo con el Anexo 7.1. La presión de aplastamiento debe ser la siguiente:

- Clase 150: 52 MPa (7,500 psi)
- Clase 300, 400 y 600: 70 MPa (10,000 psi)
- Clase 900 y superior: 140 MPa (20,000 psi)

14. OTRAS NORMAS

Para la fabricación de la junta Metalflex, son también utilizadas normas de otros países, como Alemania (DIN - EN), Japón (JIS) e Inglaterra (BS). Las dimensiones para la Norma DIN EN 1514-2 (2005) Flanges and their joints - Gaskets for PN-designated flanges - Part 2: Spiral wound gaskets for use with steel flanges [32] se muestran en el Anexo 7.8.

15. DIMENSIONAMIENTO DE LAS JUNTAS TIPO 913-M ESPECIALES

A continuación, están las recomendaciones que deben seguir al especificar una junta tipo 913 especial. Esto significa, que no sigue las recomendaciones de ninguna norma técnica específica.

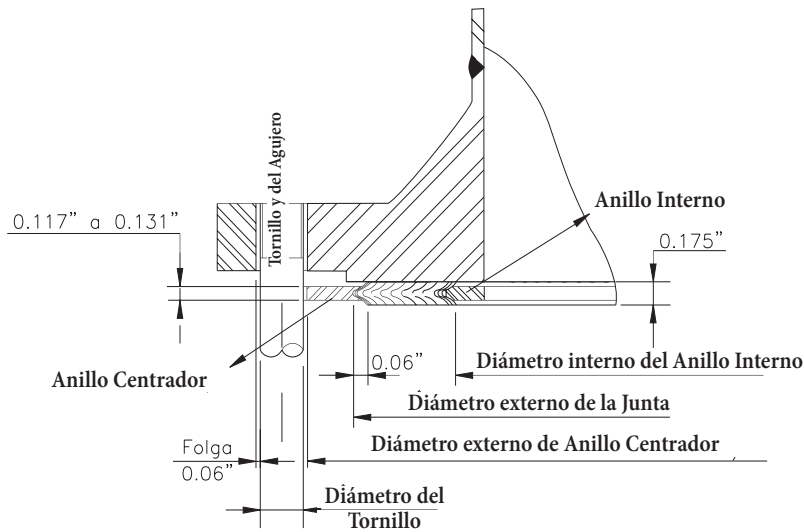


Figura 7.10

15.1. ESPIRAL

- Diámetro interno: igual al diámetro interno de la cara de la brida, pero, como mínimo, 6,4mm.
- Diámetro externo: calculado de tal forma que atienda las recomendaciones del Capítulo 2 de este libro y de ancho máximo de acuerdo con la Sección 6 de este Capítulo.
- Espesor: pueden ser fabricado en el espesor de 4. 45 mm (0.175"), 4.76 mm (3/16") y 6.4 mm (1/4"). Por ser el espesor de la Norma ASME B16.20, se recomienda 4,45 mm, siempre que sea posible. Las limitaciones dimensionales para el espesor están en la sección 6 de este capítulo
- Tolerancia de fabricación: están indicadas en la Sección 7 de este Capítulo.

15.2. ANILLO DE CENTRALIZACIÓN

- Espesor: 3.2 mm (1/8").
- Diámetro interno: igual al diámetro externo de la espiral, menos aproximadamente 3.2 mm (1/8").
- Diámetro externo: igual al diámetro del círculo de los agujeros para los esparragos, menos el diámetro del perno.
- Tolerancia de fabricación: en el diámetro externo de la guía de centralización es de $\pm 0.8\text{mm}$, para todos los diámetros nominales.
- Limitaciones dimensionales: en virtud de las dificultades de fabricación y de estabilidad del conjunto espiral guía, existen limitaciones en el ancho mínimo de las guías de centralizado, de acuerdo con lo que indica la Tabla 7.10.

Tabla 7.10

Anillo de Centrado - Limitaciones Dimensionales

Diámetro interno de la guía (mm)	Ancho mínimo (mm)
Hasta 250	5
250 o superior	10

15.3. ANILLO INTERNO

- Espesor: 3.2 mm (1/8").
- Diámetro interno: igual al diámetro interno de la brida o de la tubería
- Diámetro externo: igual al diámetro interno de la espiral, menos aproximadamente 3.2 mm (1/8").
- Limitaciones dimensionales: en virtud de las dificultades de fabricación y de estabilidad del conjunto espiral-anillo interno, existen limitaciones en el ancho mínimo de los anillos internos, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 7.11.

Tabla 7.11

Anillo Interno - Limitaciones Dimensionales

Diámetro interno de la guía (mm)	Ancho mínimo (mm)
Hasta 250	5
250 o mayor	10

16. TIPO 913M-XHR

La junta Metalflex tipo 913M-XHR (Figura 7.11) es la solución de Teadit para la resistencia a altas temperaturas. Utilizando una combinación de grafito flexible de alta temperatura (Graflex HT) y mica de flogopita de alto rendimiento (Micaflex). Esta combinación proporciona las características de resistencia a la oxidación y al aislamiento de la mica, con el rendimiento de sellado de grafito flexible de alta calidad. El uso de Graflex HT y Micaflex permite una temperatura máxima de 815°C, con una calidad de sellado que satisface las necesidades de las aplicaciones críticas.

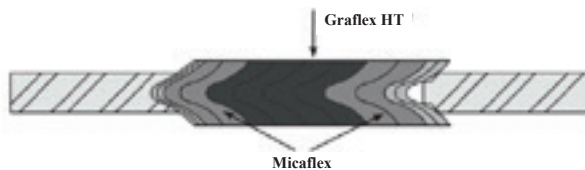


Figura 7.11

17. TIPO ECHELON® HF

El Estilo Echelon® HF (Figura 7.12) está diseñado para aplicaciones específicas donde la corrosión por grietas es una preocupación. El diseño de Teadit Echelon® HF se basa en un enrollado en espiral ASME B16.20, pero con un anillo interior de Monel® camperfilado. El anillo interior puede incluso dimensionarse para el diámetro interno de la. La aplicación típica es para el servicio de alquilación HF, sin embargo, se pueden seleccionar diferentes metalurgias para una protección superior contra la corrosión en múltiples condiciones. Se puede seleccionar grafito flexible (FG) o PTFE expandido (ePTFE) como material de relleno en la parte enrollada en espiral. Para el anillo interior camperfilado, para mejorar la protección contra la corrosión por grietas, se utiliza el ePTFE para el material de revestimiento.

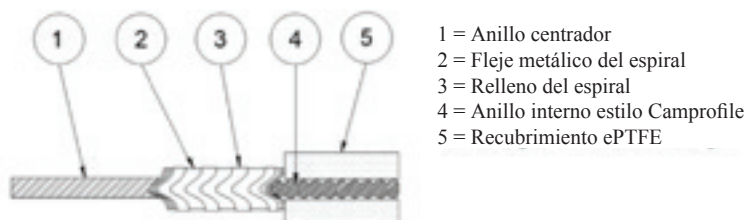


Figura 7.12

18. JUNTAS TIPO 914

Son espirales en forma no circular, tales como: ovalada, rectangular y cuadrada, de cantos redondeados, diamante, oblonga y pera, como se muestra en la Figura 7.13.

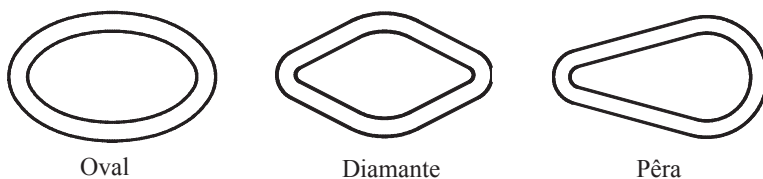


Figura 7.13

18.1. APLICACIÓN

Las juntas Metalflex tipo 914 son utilizadas principalmente en: ventanas y puertas de inspección de calderas (handhole y manhole), bonetes de válvulas, cabezales y escapes de motores.

18.2. DIMENSIONAMIENTO

No existe una norma específica para este tipo de junta, el proyectista debe dimensionar, de acuerdo con los requisitos específicos del proyecto.

Debido a la forma irregular de las juntas, para fabricación es siempre necesario ofrecer el diseño. Si es posible, una muestra del suplemento anterior, o incluso, la tapa o pieza donde la junta será utilizada.

18.3. ESPESOR

Los espesores disponibles para juntas tipo 914 son: 3.2mm, 4.45 mm, 4.76mm y 6.4mm.

18.4. JUNTAS PARA PUERTAS DE VISITA DE CALDERAS

La mayoría de los fabricantes de calderas, utiliza los mismos tamaños de *manhole e handhole* en sus equipos. De esta forma, incluso no habiendo una estandarización, algunas juntas elipsoidales (figura 7.14), se consideran estándar industrial. Las dimensiones, en pulgadas, de estas juntas se muestran en el Anexo 7.4.

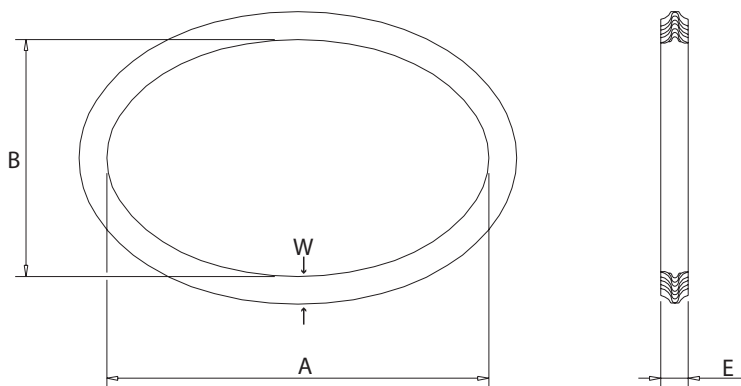
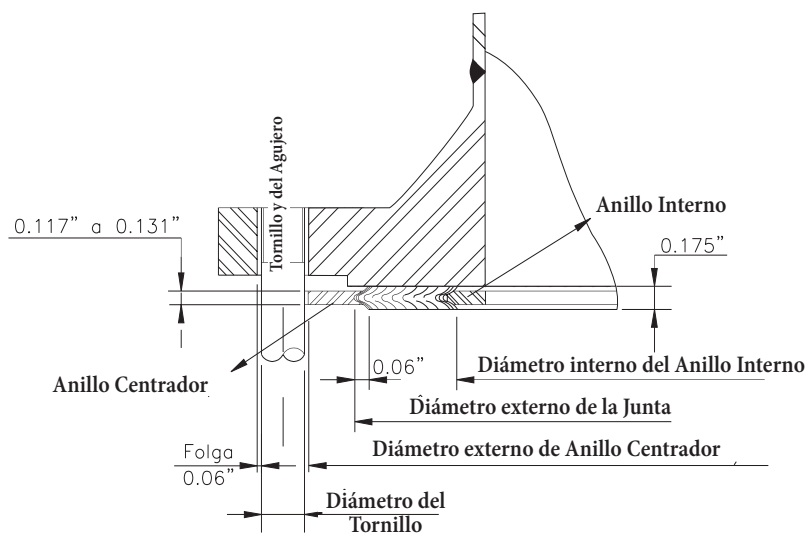


Figura 7.14

Anexo 7.1
Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.5



Anexo 7.1 (Continuación)**Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.5**

Diámetro Nominal	Diámetro externo de la junta por clase de presión milímetros	
	150, 300, 400, 600	900, 1500, 2500
1/2	31.8	31.8
3/4	39.6	39.6
1	47.8	47.8
1 1/4	60.5	60.5
1 1/2	69.9	69.9
2	85.9	85.9
2 1/2	98.6	98.6
3	120.7	120.7
4	149.4	149.4
5	177.8	177.9
6	209.6	209.6
8	263.7	257.3
10	317.5	311.2
12	374.7	368.3
14	406.4	400.1
16	463.6	457.2
18	527.1	520.7
20	577.9	571.5
24	685.8	679.5

Anexo 7.1 (Continuación)

Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.5

Diámetro Nominal	Diámetro interno de la junta por clase de presión milímetros						
	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	19.1	19.1	...	19.1	...	19.1	19.1
3/4	25.4	25.4	...	25.4	...	25.4	25.4
1	31.8	31.8	...	31.8	...	31.8	31.8
1 1/4	47.8	47.8	...	47.8	...	39.6	39.6
1 1/2	54.1	54.1	...	54.1	...	47.8	47.8
2	69.9	69.9	...	69.9	...	58.7	58.7
2 1/2	82.6	82.6	...	82.6	...	69.9	69.9
3	101.6	101.6	...	101.6	95.3	92.2	92.2
4	127.0	127.0	120.7	120.7	120.7	117.6	117.6
5	155.7	155.7	147.6	147.6	147.6	143.0	143.0
6	182.6	182.6	174.8	174.8	174.8	171.5	171.5
8	233.4	233.4	225.6	225.6	222.3	215.9	215.9
10	287.3	287.3	274.6	274.6	276.4	266.7	270.0
12	339.9	339.9	327.2	327.2	323.9	323.9	317.5
14	371.6	371.6	362.0	362.0	355.6	362.0	...
16	422.4	422.4	412.8	412.8	412.8	406.4	...
18	474.7	474.7	469.9	469.9	463.6	463.6	...
20	525.5	525.5	520.7	520.7	520.7	514.4	...
24	628.7	628.7	628.7	628.7	628.7	616.0	...

NOTAS: 1. No existen juntas: clase 400 de ½" a 3" (use clase 600), ni clase 900 ½" a 2 ½" (use clase 1500) y clase 2500 de 14" o más grande.

2. Tolerancias de fabricación en pulgadas:

- espesor de la espiral : ± 0.127 mm – medido en la cinta metálica, sin incluir el relleno que puede proyectarse un poco por encima de la cinta metálica
- diámetro externo de la junta: de ½" a 8" : ± 0.762 mm
de 10" a 24" : $+ 1.524$ mm – 0.762 mm
- diámetro interno de la junta: de ½" a 8" : ± 0.406 mm
de 10" a 24" : ± 0.762 mm

Anexo 7.1 (Continuación)
Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.5

Diámetro Nominal	Diámetro externo del anillo de centrado por clase de presión milímetros						
	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	47.8	54.1	...	54.1	...	63.5	69.9
3/4	57.2	66.8	...	66.8	...	69.9	76.2
1	66.8	73.2	...	73.2	...	79.5	85.9
1 1/4	76.2	82.6	...	82.6	...	88.9	104.9
1 1/2	85.9	95.3	...	95.3	...	98.6	117.6
2	104.9	111.3	...	111.3	...	143.0	146.1
2 1/2	124.0	130.3	...	130.3	...	165.1	168.4
3	136.7	149.4	...	149.4	168.4	174.8	196.9
4	174.8	181.1	177.8	193.8	206.5	209.6	235.0
5	196.9	215.9	212.9	241.3	247.7	254.0	279.4
6	222.3	251.0	247.7	266.7	289.1	282.7	317.5
8	279.4	308.1	304.8	320.8	358.9	352.6	387.4
10	339.9	362.0	358.9	400.1	435.1	435.1	476.3
12	409.7	422.4	419.1	457.2	498.6	520.7	549.4
14	450.9	485.9	482.6	492.3	520.7	577.9	...
16	514.4	539.8	536.7	565.2	574.8	641.4	...
18	549.4	596.9	593.9	612.9	638.3	704.9	...
20	606.6	654.1	647.7	682.8	698.5	755.7	...
24	717.6	774.7	768.4	790.7	838.2	901.7	...

NOTAS: 1. No existen juntas clase 400 de ½” a 3” (use clase 600), ni clase 900 de ½” a 2 ½” (use clase 1500) y clase 2500 de 14” o más grande.
 2. Tolerancia del diámetro externo del anillo de centralización: ± 0.762 mm

Anexo 7.1 (Continuación)
Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.5

Diámetro Nominal	Diámetro interno del anillo interno por clase de presión milímetros						
	150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	14.2	14.2	...	14.2	...	14.2	14.2
3/4	20.6	20.6	...	20.6	...	20.6	20.6
1	26.9	26.9	...	26.9	...	26.9	26.9
1 1/4	38.1	38.1	...	38.1	...	33.3	33.3
1 1/2	44.5	44.5	...	44.5	...	41.4	41.4
2	55.6	55.6	...	55.6	...	52.3	52.3
2 1/2	66.5	66.5	...	66.5	...	63.5	63.5
3	81.0	81.0	...	81.0	78.7	78.7	78.7
4	106.4	106.4	102.6	102.6	102.6	97.8	97.8
5	131.8	131.8	128.3	128.3	128.3	124.5	124.5
6	157.2	157.2	154.9	154.9	154.9	147.3	147.3
8	215.9	215.9	205.7	205.7	196.9	196.9	196.9
10	268.2	268.2	255.3	255.3	246.1	246.1	246.1
12	317.5	317.5	307.3	307.3	292.1	292.1	292.1
14	349.3	349.3	342.9	342.9	320.8	320.8	...
16	400.1	400.1	389.9	389.9	374.7	368.3	...
18	449.3	449.3	438.2	438.2	425.5	425.5	...
20	500.1	500.1	489.0	489.0	482.6	476.3	...
24	603.3	603.3	590.6	590.6	590.6	577.9	...

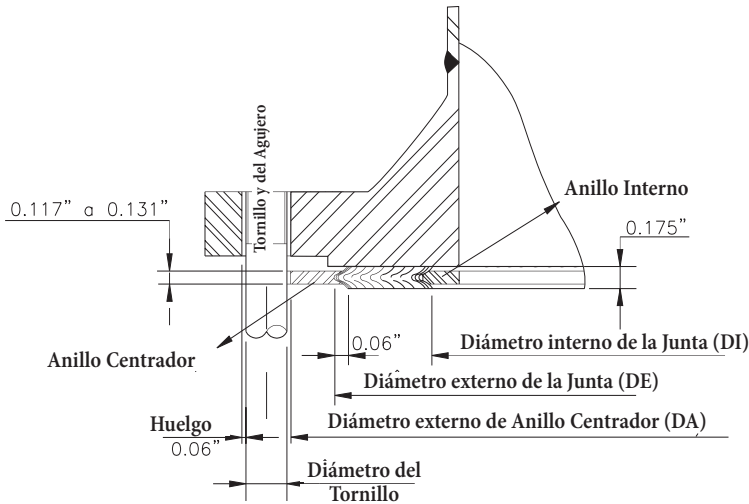
NOTAS: 1. No existen juntas 400 de ½" a 3" (use clase 600), ni clase 900 de ½" a 2 1/2" (use clase 1500) y clase 2500 de 14" o más grande.

2. El espesor del anillo interno debe ser de 3.00 mm a 3.33 mm

3. Tolerancias en el diámetro interno: de 1 ¼" a 3": ± 0.762 mm
4" y mayores: ± 1.524 mm

Anexo 7.2

Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.47 Serie A



Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas por clase de presión milímetros								
	150			300			400		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	673.1	704.9	774.7	685.8	736.6	835.2	685.8	736.6	831.9
28	723.9	755.7	831.9	736.6	787.4	898.7	736.6	787.4	892.3
30	774.7	806.5	882.7	794.8	844.6	952.5	793.8	844.6	946.2
32	825.5	860.6	939.8	850.9	901.7	1 006.6	850.9	901.7	1 003.3
34	876.3	911.4	990.6	901.7	952.5	1 057.5	901.7	952.5	1 054.1
36	927.1	968.5	1047.8	955.8	1 006.6	1 117.6	955.8	1 006.6	1 117.6
38	977.9	1 019.3	1 111.3	977.9	1 016.0	1 054.1	971.6	1 022.4	1 073.2
40	1 028.7	1 070.1	1 162.1	1 022.4	1 070.1	1 114.6	1 025.7	1 076.5	1 127.3
42	1 079.5	1 124.0	1 219.2	1 073.2	1 120.9	1 165.4	1 076.5	1 127.3	1 178.1
44	1 130.3	1 178.1	1 276.4	1 130.3	1 181.1	1 219.2	1 130.3	1 181.1	1 231.9
46	1 181.1	1 228.9	1 327.2	1 178.1	1 228.9	1 273.3	1 193.8	1 244.6	1 289.1
48	1 231.9	1 279.7	1 384.3	1 235.2	1 286.0	1 324.1	1 244.6	1 295.4	1 346.2
50	1 282.7	1 333.5	1 435.1	1 295.4	1 346.2	1 378.0	1 295.4	1 346.2	1 403.4
52	1 333.5	1 384.3	1 492.3	1 346.2	1 397.0	1 428.8	1 346.2	1 397.0	1 454.2
54	1 384.3	1 435.1	1 549.4	1 403.4	1 454.2	1 492.3	1 403.4	1 454.2	1 517.7
56	1 435.1	1 485.9	1 606.6	1 454.2	1 505.0	1 543.1	1 454.2	1 505.0	1 568.5
58	1 485.9	1 536.7	1 663.7	1 511.3	1 562.1	1 593.9	1 505.0	1 555.8	1 619.3
60	1 536.7	1 587.5	1 714.5	1 562.1	1 612.9	1 644.7	1 568.5	1 619.3	1 682.8

Anexo 7.2 (Continuación)

Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.47 Serie A

Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas por clase de presión milímetros					
	600			900		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	685.8	736.6	866.9	685.8	736.6	882.7
28	736.6	787.4	914.4	736.6	787.4	946.2
30	793.8	844.6	971.6	793.8	844.6	1 009.7
32	850.9	901.7	1 022.4	850.9	901.7	1 073.2
34	901.7	952.5	1 073.2	901.7	952.5	1 136.7
36	955.8	1 006.6	1 130.3	958.9	1 009.7	1 200.2
38	990.6	1 041.4	1 104.9	1 035.1	1 085.9	1 200.2
40	1 047.8	1 098.6	1 155.7	1 098.6	1 149.4	1 251.0
42	1 104.9	1 155.7	1 219.2	1 149.4	1 200.2	1 301.8
44	1 162.1	1 212.9	1 270.0	1 206.5	1 257.3	1 368.6
46	1 212.9	1 263.7	1 327.2	1 270.0	1 320.8	1 435.1
48	1 270.0	1 320.8	1 390.7	1 320.8	1 371.6	1 485.9
50	1 320.8	1 371.6	1 447.8	No existen bridas clase 900 de 50" y más grandes.		
52	1 371.6	1 422.4	1 498.6			
54	1 428.8	1 479.6	1 555.8			
56	1 479.6	1 530.4	1 612.9			
58	1 536.7	1 587.5	1 663.7			
60	1 593.9	1 644.7	1 733.6			

NOTAS: 1. Anillos internos son necesarios en todas las juntas con relleno en PTFE y en las juntas clase 900.

2. Tolerancia en Pulgadas

- Espesura de la espiral: ± 0.127 mm – medido en la cinta metálica, no incluye el relleno que puede proyectarse un poco arriba de la cinta metálica
- Diámetro externo de la junta : ± 1.524 mm
- Diámetro interno de la junta de 26" a 34" : ± 0.762 mm
- 36" y más grandes : ± 1.27 mm
- Diámetro externo del anillo de centrado : ± 0.762 mm

Anexo 7.2 (Continuación)

Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.47 Serie A

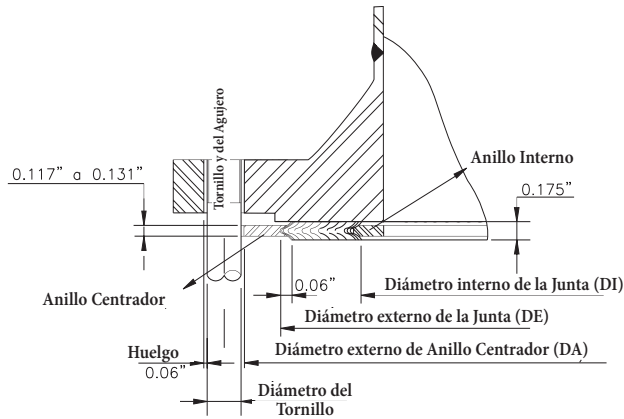
Diámetro Nominal	Diámetro interno de los anillos internos por clase de presión milímetros				
	150	300	400	600	900
26	654.1	654.1	660.4	647.7	660.4
28	704.9	704.9	711.2	698.5	711.2
30	755.7	755.7	755.7	755.7	768.4
32	806.5	806.5	812.8	812.8	812.8
34	857.3	857.3	863.6	863.6	863.6
36	908.1	908.1	917.7	917.7	920.8
38	958.9	952.5	952.5	952.5	1 009.7
40	1 009.7	1 003.3	1 000.3	1 009.7	1 060.5
42	1 060.5	1 054.1	1 051.1	1 066.8	1 111.3
44	1 111.3	1 104.9	1 104.9	1 111.3	1 155.7
46	1 162.1	1 152.7	1 168.4	1 162.1	1 219.2
48	1 212.9	1 209.8	1 206.5	1 219.2	1 270.0
50	1 263.7	1 244.6	1 257.3	1 270.0	No existen bridas clase 900 de 50" y más grandes.
52	1 314.5	1 320.8	1 308.1	1 320.8	
54	1 358.9	1 352.6	1 352.6	1 378.0	
56	1 409.7	1 403.4	1 403.4	1 428.8	
58	1 460.5	1 447.8	1 454.2	1 473.2	
60	1 511.3	1 524.0	1 517.7	1 530.4	

NOTAS: 1. Espesor del anillo interno: de 3.00 mm a 3.33 mm.

2. Tolerancia del diámetro interno del anillo interno: ± 3.048 mm.

Anexo 7.3

Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.47 Serie B



Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas por clase de presión milímetros								
	150			300			400		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	673.1	698.5	725.4	673.1	711.2	771.7	666.8	698.5	746.3
28	723.9	749.3	776.2	723.9	762.0	825.5	714.5	749.3	800.1
30	774.7	800.1	827.0	774.7	812.8	886.0	765.3	806.5	857.3
32	825.5	850.9	881.1	825.5	863.6	939.8	812.8	860.6	911.4
34	876.3	908.1	935.0	876.3	914.4	993.9	866.9	911.4	962.2
36	927.1	958.9	987.6	927.1	965.2	1 047.8	917.7	965.2	1 022.4
38	974.9	1 009.7	1 044.7	1 009.7	1 047.8	1 098.6	971.6	1 022.4	1 073.2
40	1 022.4	1 063.8	1 095.5	1 060.5	1 098.6	1 149.4	1 025.7	1 076.5	1 127.3
42	1 079.5	1 114.6	1 146.3	1 111.3	1 149.4	1 200.2	1 076.5	1 127.3	1 178.1
44	1 124.0	1 165.4	1 197.1	1 162.1	1 200.2	1 251.0	1 130.3	1 181.1	1 231.9
46	1 181.1	1 224.0	1 255.8	1 216.2	1 254.3	1 317.8	1 193.8	1 244.6	1 289.1
48	1 231.9	1 270.0	1 306.6	1 263.7	1 311.4	1 368.6	1 244.6	1 295.4	1 346.2
50	1 282.7	1 325.6	1 357.4	1 317.8	1 355.9	1 419.4	1 295.4	1 346.2	1 403.4
52	1 333.5	1 376.4	1 408.2	1 368.6	1 406.7	1 470.2	1 346.2	1 397.0	1 454.2
54	1 384.3	1 422.4	1 463.8	1 403.4	1 454.2	1 530.4	1 403.4	1 454.2	1 517.7
56	1 444.8	1 478.0	1 514.6	1 479.6	1 524.0	1 593.9	1 454.2	1 505.0	1 568.5
58	1 500.1	1 528.8	1 579.6	1 535.2	1 573.3	1 655.8	1 505.0	1 555.8	1 619.3
60	1 557.3	1 586.0	1 630.4	1 589.0	1 630.4	1 706.6	1 568.5	1 619.3	1 682.8

Anexo 7.3 (Continuación)**Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.47 Série B**

Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas por clase de presión milímetros					
	600			900		
	DI	DE	DA	DI	DE	DA
26	663.7	714.5	765.3	692.2	749.3	838.2
28	704.9	755.7	819.2	743.0	800.1	901.7
30	778.0	828.8	879.6	806.5	857.3	958.9
32	831.9	882.7	933.5	863.6	914.4	1 016.0
34	889.0	939.8	997.0	920.8	971.6	1 073.2
36	939.8	990.6	1 047.8	946.2	997.0	1 124.0
38	990.6	1 041.4	1 104.9	1 035.1	1 085.9	1 200.2
40	1 047.8	1 098.6	1 155.7	1 098.6	1 149.4	1 251.0
42	1 104.9	1 155.7	1 219.2	1 149.4	1 200.2	1 301.8
44	1 162.1	1 212.9	1 270.0	1 206.5	1 257.3	1 368.6
46	1 212.9	1 263.7	1 327.2	1 270.0	1 320.8	1 435.1
48	1 270.0	1 320.8	1 390.7	1 320.8	1 371.6	1 485.9
50	1 320.8	1 371.6	1 447.8	No existen bridas clase 900 de 50" y mayores.		
52	1 371.6	1 422.4	1 498.6			
54	1 428.8	1 479.6	1 555.8			
56	1 479.6	1 530.4	1 612.9			
58	1 536.7	1 587.5	1 663.7			
60	1 593.9	1 644.7	1 733.6			

NOTAS: 1. Anillos internos son necesarios en todas las juntas con relleno en PTFE y en las juntas clase 900.

2. Tolerancia en Pulgadas

- Espesor de la espiral: ± 0.127 mm – medido en la cinta metálica, no incluye el relleno que puede ser proyectado un poco arriba de la cinta metálica
- Diámetro externo de la junta : ± 1.524 mm
- Diámetro interno de la junta de 26" a 34" : ± 0.762 mm
- 36" y mayores : ± 1.27 mm
- Diámetro externo del anillo de centrado : ± 0.762 mm

Anexo 7.3 (Continuación)

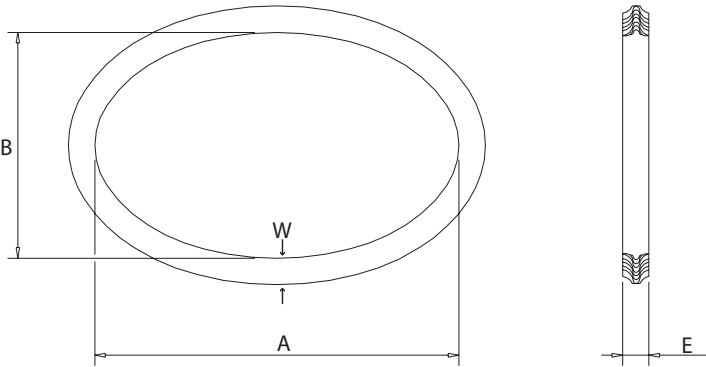
Dimensiones de Juntas Espiral ASME B16.20 para bridas ASME B16.47 Série B

Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas por clase de presión milímetros				
	150	300	400	600	900
26	654.1	654.1	654.1	644.7	666.8
28	704.9	704.9	701.8	685.8	717.6
30	755.7	755.7	752.6	752.6	781.1
32	806.5	806.5	800.1	793.8	838.2
34	857.3	857.3	850.9	850.9	895.4
36	908.1	908.1	898.7	901.7	920.8
38	958.9	971.3	952.5	952.5	1 009.7
40	1 009.7	1 022.4	1 000.3	1 009.7	1 060.5
42	1 060.5	1 085.9	1 051.1	1 066.8	1 111.3
44	1 111.3	1 124.0	1 104.9	1 111.3	1 155.7
46	1 162.1	1 178.1	1 168.4	1 162.1	1 219.2
48	1 212.9	1 231.9	1 206.5	1 219.2	1 270.0
50	1 263.7	1 267.0	1 257.3	1 270.0	No existen bridas clase 900 de 50" y más grandes.
52	1 314.5	1 317.8	1 308.1	1 320.8	
54	1 365.3	1 365.3	1 352.6	1 378.0	
56	1 422.4	1 428.8	1 403.4	1 428.8	
58	1 478.0	1 484.4	1 454.2	1 473.2	
60	1 535.2	1 557.3	1 517.7	1 530.4	

NOTAS: 1. Espesor del anillo interno: 3.00 mm a 3.33 mm.

2. Tolerancia del diámetro interno del anillo interno: ± 3.048 mm.

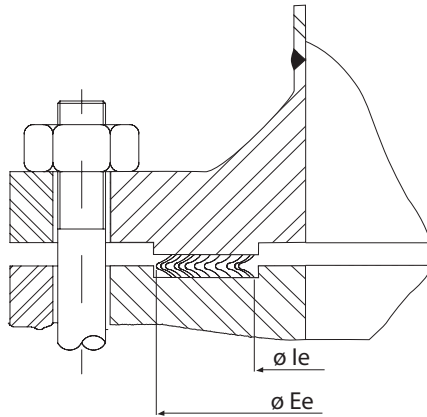
Anexo 7.4
Dimensiones para juntas 914



Tipo 914 - Puerta de Inspección de Caldera

Dimensiones internas pol		Ancho - W - pol	Espesor - E - pol
A	B		
11	14	3/4	3/16
11	14	1	3/16
11	14	1 1/4	3/16
11	15	1/2	3/16
11	15	3/4	3/16
11	15	3/4	1/4
11	15	1	3/16
11	15	1 1/4	3/16
11	15	1 1/4	1/4
11 1/4	15 1/2	3/4	3/16
12	16	5/16	3/16
12	16	1/2	3/16
12	16	3/4	3/16
12	16	7/8	3/16
12	16	1	3/16
12	16	1	1/4
12	16	1 1/4	3/16
12	16	1 1/4	1/4

Anexo 7.5
Juntas Tipo 911 para bridas tipo Lengüeta y Ranura Grande y Pequeña

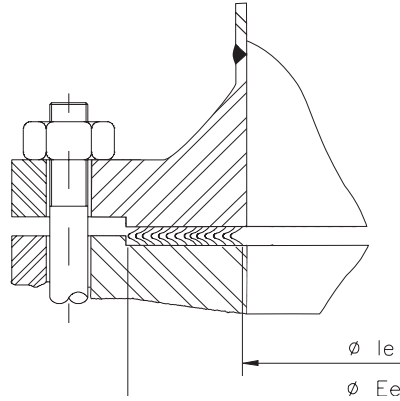


Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas - pulgadas			
	Grande		Pequeña	
	Ie	Ee	Ie	Ee
½	1	1 ⅜	1	1 ⅜
¾	1 ⅝	1 ⅞	1 ⅝	1 ⅞
1	1 ½	2	1 ½	1 ⅞
1 ¼	1 ⅞	2 ½	1 ⅞	2 ¼
1 ½	2 ⅛	2 ⅞	2 ⅛	2 ½
2	2 ⅞	3 ⅝	2 ⅞	3 ¼
2 ½	3 ⅜	4 ⅛	3 ⅜	3 ¾
3	4 ¼	5	4 ¼	4 ⅝
3 ½	4 ¾	5 ½	4 ¾	5 ⅛
4	5 ⅜	6 ⅜	5 ⅜	5 ⅞
5	6 ⅝	7 ⅝	6 ⅝	6 ⅞
6	7 ½	8 ½	7 ½	8
8	9 ⅜	10 ⅝	9 ⅜	10
10	11 ¼	12 ¾	11 ¼	12
12	13 ½	15	13 ½	14 ¼
14	14 ¾	16 ¼	14 ¾	15 ½
16	17	18 ½	16 ¾	17 ⅝
18	19 ¼	21	19 ¼	20 ⅛
20	21	23	21	22
24	25 ¼	27 ¼	25 ¼	26 ¼

Espesor estándar: 3.2 mm (1/8").

Anexo 7.6

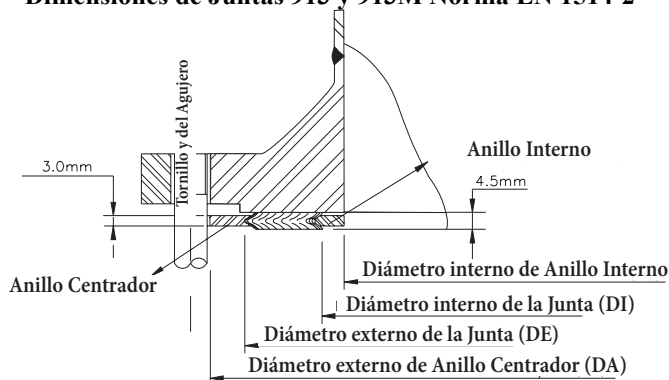
Juntas Tipo 911 para bridas ASME B16.5 Tipo Macho y Hembra



Diámetro Nominal	Dimensiones de las juntas - pulgadas			
	Clase 150 a 1500 psi		Clase 2500 psi	
	Ie	Ee	Ie	Ee
1/4	1/2	1	-	-
1/2	1	1 3/8	13/16	1 3/8
3/4	1 5/16	1 11/16	1 1/16	1 11/16
1	1 1/2	2	1 1/4	2
1 1/4	1 7/8	2 1/2	1 5/8	2 1/2
1 1/2	2 1/8	2 7/8	1 7/8	2 7/8
2	2 7/8	3 5/8	2 3/8	3 5/8
2 1/2	3 3/8	4 1/8	3	4 1/8
3	4 1/4	5	3 3/4	5
3 1/2	4 3/4	5 1/2	-	-
4	5 3/16	6 3/16	4 3/4	6 3/16
5	6 5/16	7 5/16	5 3/4	7 5/16
6	7 1/2	8 1/2	6 3/4	8 1/2
8	9 3/8	10 5/8	8 3/4	10 5/8
10	11 1/4	12 3/4	10 3/4	12 3/4
12	13 1/2	15	13	15
14	14 3/4	16 1/4	-	-
16	17	18 1/2	-	-
18	19 1/4	21	-	-
20	21	23	-	-
24	25 1/4	27 1/4	-	-

Espesor estándar: 3.2 mm (1/8").

Anexo 7.7
Dimensiones de Juntas 913 y 913M Norma EN 1514-2



Dimensiones de las juntas - milímetros										
	D1	D2	D3		D4					
DN	PN 10-160	PN 10-160	PN 10/25/40	PN 63/100/160	PN 10	PN 25	PN 40	PN 63	PN 100	PN 160
10	18	24	34	34	46	46	46	56	56	56
15	23	29	39	39	51	51	51	61	61	61
20	28	34	46	-	61	61	61	-	-	-
25	35	41	53	53	71	71	71	82	82	82
32	43	49	61	-	82	82	82	-	-	-
40	50	56	68	68	92	92	92	103	103	103
50	61	70	86	86	107	107	107	113	119	119
65	77	86	102	106	127	127	127	137	143	143
80	90	99	115	119	142	142	142	148	154	154
100	115	127	143	147	162	168	168	174	180	180
125	140	152	172	176	192	194	194	210	217	217
150	167	179	199	203	217	224	224	247	257	257
200	216	228	248	252	272	284	290	309	324	324
250	267	279	303	307	327	340	352	364	391	388
300	318	330	354	358	377	400	417	424	458	458
350	360	376	400	404	437	457	474	486	512	
400	410	422	450	456	488	514	546	543	572	
500	510	522	550	556	593	624	628	657	704	
600	610	622	650	656	695	731	747	764	813	
700	710	722	756	762	810	833	852	879	950	
800	810	830	864	870	917	942	974	988		
900	910	930	964	970	1017	1042	1084	1108		
1000	1010	1030	1074	1080	1124	1154	1194			

JUNTAS METALBEST®

1. ¿QUÉ ES UNA JUNTA METALBEST®?

Es una junta fabricada a partir de un alma de material blando, revestida por una o más capas metálicas (Figura 8.1). Existen diversos tipos de construcción que serán descritos a continuación.

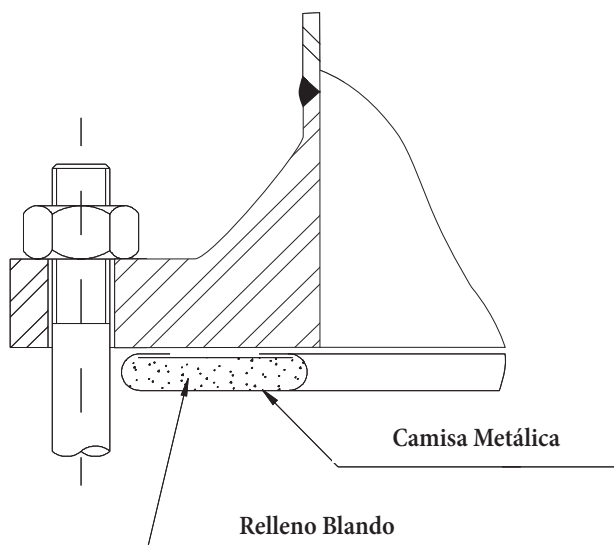


Figura 8.1

2. METALES

El metal normalmente posee de 0.4 a 0.6 mm de espesor. La selección debe ser de acuerdo con las recomendaciones del Capítulo 6 de este libro.

3. RELLENO

El material estándar de relleno es Graflex®. Dependiendo las condiciones operacionales, también pueden ser usados como relleno: un metal, cinta de fibra cerámica o PTFE.

4. DIMENSIONAMIENTO

Los valores a continuación están basados en aplicaciones prácticas, por lo tanto no son de uso obligatorio.

- Juntas confinadas en los diámetros interno y externo:
 - Diámetro interno de la junta = diámetro interno de alojamiento + 1.6 mm.
 - Diámetro externo de la junta = diámetro externo de alojamiento – 1.6 mm.
- Juntas confinadas por el diámetro externo:
 - Diámetro interno de la junta = diámetro interno brida + por lo menos 3.2 mm.
 - Diámetro externo de la junta = diámetro externo del alojamiento – 1.6 mm.
- Juntas no confinadas:
 - Diámetro interno de la junta = diámetro interno brida + por lo menos 3.2 mm.
 - Diámetro externo de la junta = diámetro círculo de perforación – diámetro de los pernos.
- Ancho: seguir las recomendaciones de proyecto del Capítulo 2 de este libro.

5. PRINCIPALES TIPOS Y APLICACIONES

5.1. TIPO 920

Constituida de un relleno blando revestido parcialmente por una camisa metálica (Figura 8.2). Usada en aplicaciones donde la presión de aplastamiento y ancho máximo, son limitados. Puede ser fabricada en formato circular u ovalado. El ancho máximo es de 6.4 mm (1/4”) y el espesor estándar es de 2.4 mm (3/32”).

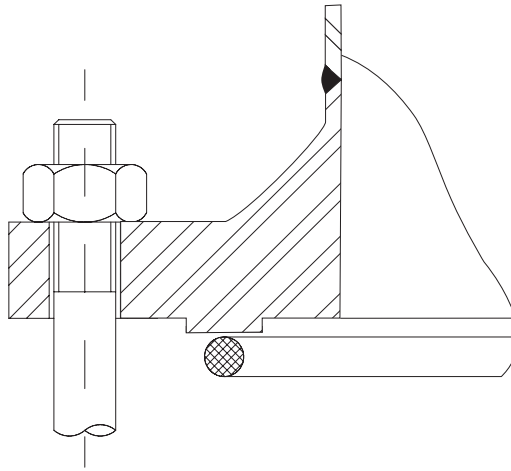


Figura 8.2

5.2. TIPO 923

Constituida de una camisa metálica doble sobre el relleno blando (Figura 8.3). Sus aplicaciones más típicas son las juntas para Intercambiadores de Calor. Producidas bajo encargo, no existen prácticamente límites de diámetro o forma para su fabricación. En la Sección 6 de este Capítulo están las principales características de las juntas para Intercambiador de Calor.

Las juntas Tipo 923 también son empleadas en bridas de grandes diámetros en reactores de industrias químicas.

Otra aplicación son las tuberías de gases de alto horno de las siderúrgicas. Las principales características de estas aplicaciones son alta temperaturas, baja presión y bridas con empinamientos e irregularidades. Las juntas tienen un espesor de 4 mm a 6 mm para compensar estos problemas.

La norma ASME B16.20 [31] presenta las dimensiones y tolerancias de este tipo de junta para su uso en bridas ASME B16.5. Debido a su mayor costo, su uso está restringido y normalmente está en desuso a favor de las juntas Metalflex, ya descritas en el Capítulo 7 de este libro. En el estudio PVP2018-84907 - ASME B16.20 ASME B16.20 Jacketed Gaskets Performance Testing [60], presentado en el Congreso ASME-PVP 2018, se demostró que las juntas de doble camisa no son adecuadas para el servicio de gas, presentando fugas altas independientemente de la fuerza de aplastamiento. En este estudio, se sugirió una revisión del estándar ASME B16.20 alertando a los usuarios de esta característica.

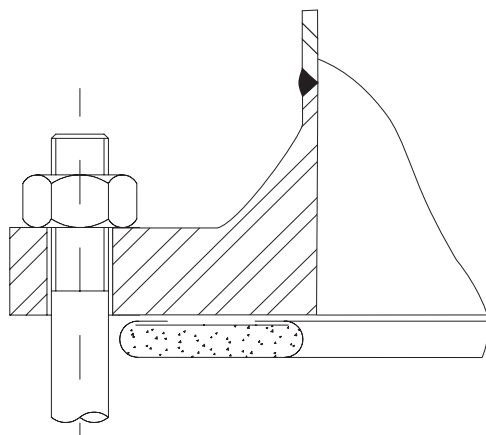


Figura 8.3

5.3. TIPO 926

Mostrada en la Figura 8.4, es similar al tipo 923 con la camisa metálica corrugada, para actuar como un laberinto, adicionando mayor sellabilidad. La Norma ASME B16.20[31] presenta las dimensiones y tolerancias de este tipo de junta para uso en bridas ASME B16.5. Debido a su costo más elevado, tienen uso restringido, siendo normalmente reemplazada a favor de las juntas Metalflex, ya descritas en el Capítulo 7 de este libro.

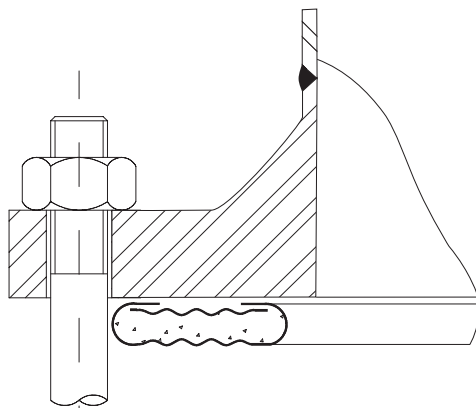


Figura 8.4

5.4. TIPO 929

Similar al tipo 926, con relleno metálico corrugado (Figura 8.5). Este tipo ofrece las ventajas de la 926 con el límite máximo de temperatura dependiendo solo del metal empleado en su fabricación.

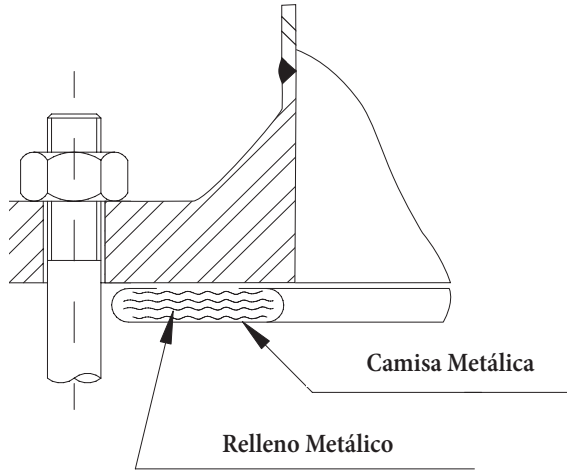


Figura 8.5

6. JUNTAS PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR

6.1 TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Existen numerosos tipos de Intercambiadores de Calor, muchos de ellos tan incorporados a nuestro día a día que ni siquiera los apreciamos. Por ejemplo, los radiadores de los automóviles o los radiadores a gas de las viviendas (calderas). Todos estos dispositivos que promueven el intercambio de calor entre un fluido y otro, consiguiendo el enfriamiento (agua del radiador) o calentamiento (agua de caldera), según las necesidades del proceso.

En las industrias son usados diversos tipos de intercambiadores de calor, algunos de ellos poseen nombres específicos como los radiadores, calderas, enfriadores, etc. Cuando hablamos en forma genérica de Intercambiadores de Calor, podemos estar refiriéndonos a cualquiera de estos equipos. Sin embargo, en la mayoría de las industrias, se interpreta como una referencia al Intercambiador de Calor tipo “Shell and Tube”. Como el propio nombre indica, son equipos con un casco (shell) y tubos. Uno de los fluidos circula entre el casco y el lado externo de los tubos y el otro fluido en el lado interno de los tubos.

6.2. NORMA TEMA

La gran mayoría de los intercambiadores de calor tipo “Shell and Tube” son fabricados de acuerdo con la Norma TEMA “Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association” [24], que establece los criterios para el proyecto, construcción, ensayos, instalación y mantenimiento de estos equipos.

Son definidos por la Norma TEMA tres clases de Intercambiadores de Calor del tipo “Shell and Tube”:

- **Clase R:** para uso en aplicaciones relacionadas al procesamiento de Petróleo, considerado servicio severo. Son especificadas juntas doble camisa (923, 926 o 927) o metal sólido (940, 941 o 942) para los cabezales internos, para presiones de 300 psi

o mayores y para todas las juntas en contacto con hidrocarburos.

- **Clase B:** para uso en la industria química en general. Son especificadas juntas de doble camisa (923, 926 ou 927) o metal sólido (940, 941 ou 942) para los cabezales internos, para presiones de 300 psi o mayores. En las juntas externas está permitido el uso de juntas no metálicas, siempre que haya compatibilidad térmica y química con el fluido.
- **Clase C:** para servicio considerado moderado en la industria en general. Son recomendados los mismos criterios de selección del tipo de junta de la Clase B.

6.3. JUNTAS TIPO 923

Las juntas tipo 923 incluso son más utilizadas en los Intercambiadores de Calor. Se pueden fabricar en diversas formas, tamaños y con divisiones para intercambiadores de varios pasos. El sellado primario se obtiene en el diámetro interno donde existe la superposición de los materiales. En este punto, el espesor es mayor antes del aplastamiento y la junta más densa después del apriete, ocurriendo el mayor escurrimiento del material favoreciendo el sellado. El lado externo de la junta que también posee espesor mayor actúa como sellado secundario. La parte central de la junta no participa decisivamente en el sellado. La figura 8.6 muestra cómo debe instalarse la junta en bridas lengüeta y ranura.

Las juntas tipo 923 han sido gradualmente substituidas por juntas tipo 905-C o Camprofile, como se detalla en el Capítulo 9 de este libro. Cuando el intercambiador de calor trabaja con grandes fluctuaciones o diferenciales de temperatura entre el casco y los tubos la junta es sometida a tensiones que deforman la junta provocando un gran relajamiento y eventualmente pérdidas. Varios estudios sobre esta deficiencia fueron realizados [33 a 37] todos con la misma conclusión. La capacidad de sellado de este tipo de junta en servicio con gases también es limitada.

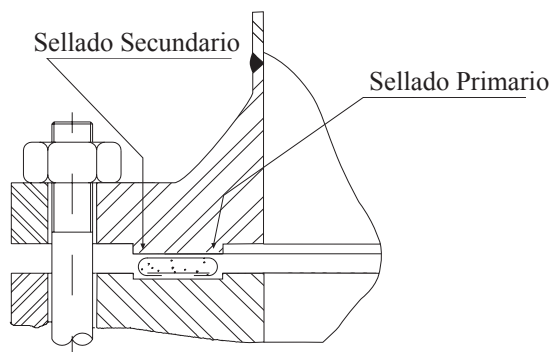


Figura 8.6

En los proyectos más antiguos se creía que la sellabilidad podía ser mejorada con el maquinado de un nubbin, que es un resalte de 0,4 mm (1/64") de altura por 3,2mm (1/8") de ancho, en una de las caras de las bridas. La Figura 8.7 muestra la disposición de la junta instalada en bridas del tipo lengüeta y ranura con resalte.

Estudios recientes [35] muestran que el nubbin no mejora la sellabilidad y, en la mayoría de los casos, es perjudicial en el rendimiento de la junta. El ASME PCC-1 [6] recomienda el retiro de las bridas existentes.

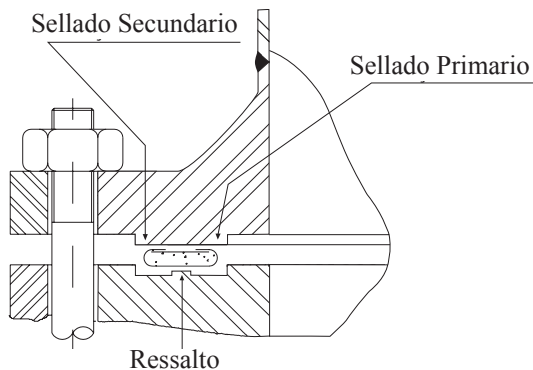


Figura 8.7

6.4. MATERIALES

Las juntas para intercambiadores de calor pueden ser fabricadas en la mayoría de los metales disponibles en láminas de 0.4 mm a 0.5 mm de espesor. La selección del material de la camisa externa debe tomar en cuenta, las condiciones operacionales y el fluido a ser sellado. Consultar el Capítulo 6 de este libro al especificar los materiales para la camisa metálica.

El material de relleno más utilizado es el Grafito Flexible, que estando totalmente encapsulado por el metal, tiene su oxidación bastante reducida, incluso a elevadas temperaturas. El PTFE también puede ser usado como relleno cuando el fluido sea compatible con el Graflex®.

6.5. JUNTAS FABRICADAS EN UNA SOLA PIEZA

La construcción tradicional de las antiguas juntas de doble camisa para intercambiadores de calor, es la fabricación en una sola pieza, como se muestra en la Figura 8.8. En esta construcción existe un radio de concordancia (o de adición) entre las divisiones y el anillo externo.

Los radios de curvatura son muy difíciles de fabricar y pueden provocar fisuras en el material, reduciendo la capacidad de sellado de la junta. La Figura 8.9 muestra fisuras típicas de este tipo de construcción.

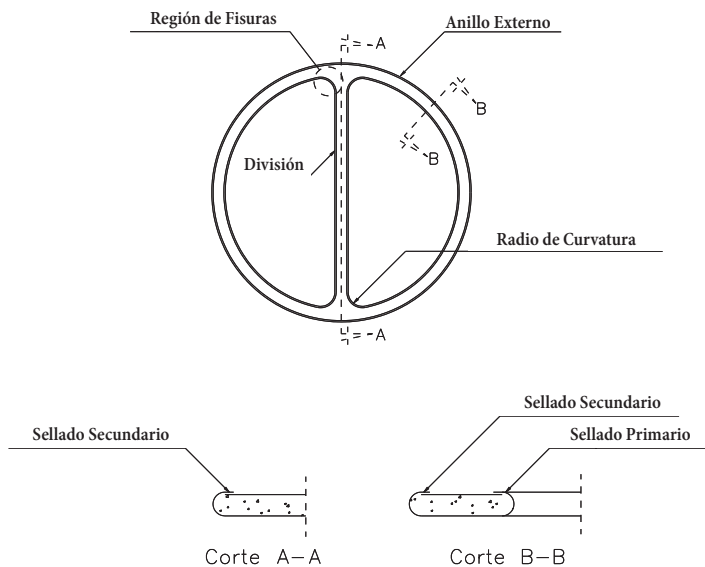


Figura 8.8



Figura 8.9

6.6. JUNTAS CON DIVISIONES SOLDADAS

Las juntas con divisiones soldadas eliminan uno de los grandes problemas de las juntas de una sola pieza, que son las fisuras en la región de los radios de curvatura, como se muestra en la Figura 8.9.

En virtud de las tensiones provenientes del repuje, ocurren fisuras en los radios

de curvatura permitiendo el paso del fluido. El sellado primario y secundario, según se mostró anteriormente, no existe, quedando el sellado limitado al sellado secundario.

Además de las fisuras, estas juntas débiles causados por las fisuras en los radios de curvatura, reduciendo la presión de aplastamiento y sellabilidad.

Para evitar los puntos débiles causados por las fisuras en los radios de curvatura, fue desarrollada la junta para intercambiador de calor con divisiones soldadas, que asegura el sellado primario y secundario en toda la junta, como se muestra en la Figuras 8.10 y 8.11. La sellabilidad de la junta es considerablemente mayor, reduciendo riesgos de pérdidas hacia el medio ambiente.

Las divisiones deben asegurar el sellado entre los pasos del intercambiador de calor. En el sistema de divisiones soldadas, existe una pequeña pérdida que reducirá en un valor despreciable la eficiencia del intercambiador, no ofreciendo riesgos al medio ambiente.

La fijación de las divisiones se realiza por dos puntos de soldadura en cada extremidad. De esta forma existe una completa fijación de la división al anillo externo, sin perjudicar el sellado primario y secundario. Estos puntos de soldadura son ejecutados de una manera de no crear regiones más resistentes al aplastamiento, volviendo el ajuste uniforme en todo el perímetro de la junta.

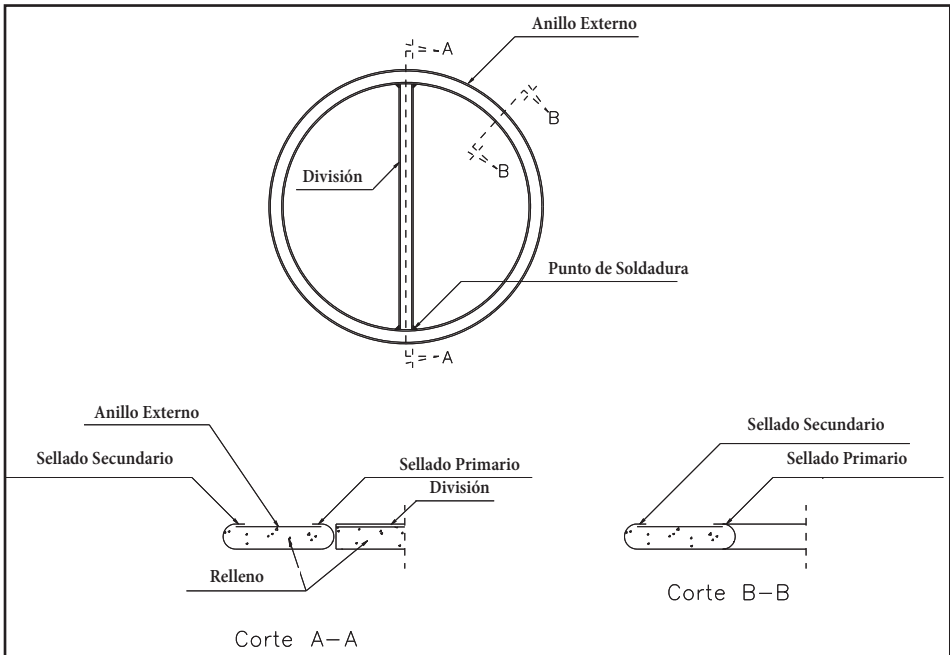


Figura 8.10



Figura 8.11

6.7. DIMENSIONAMIENTO

El Anexo 8.1 muestra las formas más usadas de las juntas para Intercambiadores de Calor.

Las dimensiones consideradas normales son:

- Ancho de la junta (B): 10, 12 y 13, 16, 20 y 25 mm.
- Ancho de las divisiones (C): 10, 12 y 13 mm.
- Espesor (E): 3.2 mm (1/8 pol).
- Holgura de montaje: 3.2 mm (1/8 pol) entre la junta y su alojamiento para permitir el montaje y el correcto aplastamiento.

6.8. TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN

Las tolerancias deben cumplir a las recomendaciones mostradas en la Tabla 8.1 y Figura 8.12.

Tabla 8.1
Tolerancias de Fabricación

Característica	Tolerancia - mm	
	Juntas sin divisiones	± 1.6 (medio)
Diámetro externo (A)	Juntas con divisiones	± 1.6
	Juntas sin divisiones	4.0
Ovalización del diámetro externo	Juntas con divisiones	1.6
	Juntas sin divisiones	
Ancho (B)	$+0.0, -0.8$	
Espesor (E)	$+0.8, -0.0$	
Cierre (S)	Igual o mayor que 3	
Ancho de las divisiones (C)	$+0.0, -0.8$	
Posicionamiento de las divisiones (F)	± 0.8	

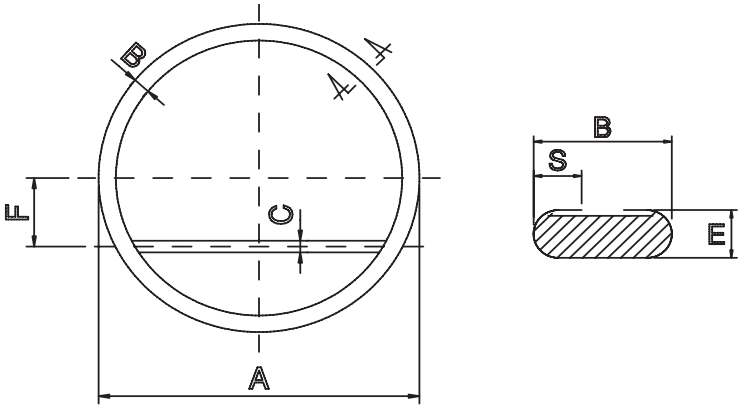


Figura 8.12

6.9. SOLDADURA DE LAS DIVISIONES

La soldadura de las divisiones debe ser de tal forma que no se proyecte más allá de la superficie de la junta, según se muestra en la Figura 8.13.

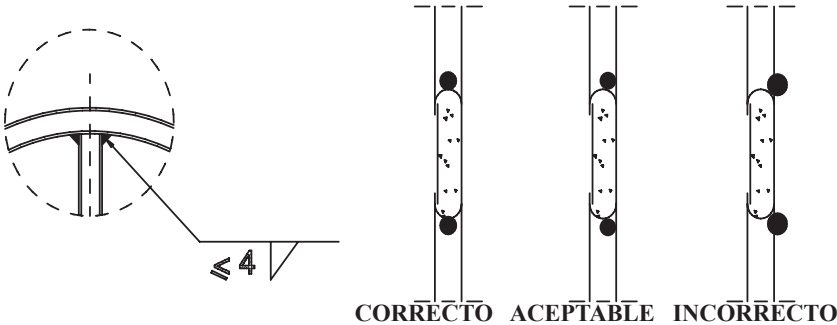


Figura 8.13

7. JUNTAS TIPO 927 PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR

Las juntas para intercambiadores de Calor tipo 927 están constituidas por una junta 923, recubierta en ambas caras de sellado con cinta corrugada de Grafito Flexible Graflex® tipo TJH, conforme se muestra en la Figura 8.14. El material de relleno de la junta también es el Graflex®. La construcción de la junta 923 es la que se muestra en el Sección 6 de este Capítulo, con las divisiones soldadas.

La cobertura de Graflex® incrementa sensiblemente la sellabilidad de la junta, principalmente si las bridas no están en perfecto estado, lo que es muy común en este tipo de equipos.

Estudios [33] muestran que la cobertura de Graflex®, a pesar de propiciar una mejor sellabilidad, no evita el relajamiento de la junta en los procesos donde ocurre la dilatación diferencial de las bridas.

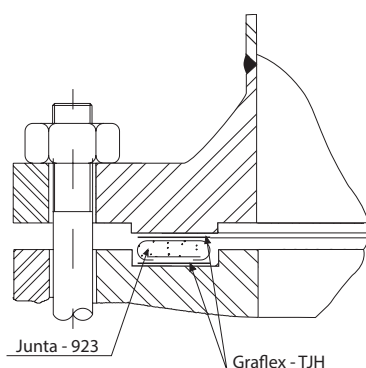


Figura 8.14

8. DILATACIÓN DIFERENCIAL

En los últimos años, se han realizado estudios para determinar la idoneidad de las juntas de doble camisa para el servicio en intercambiadores de calor de casco y tubos. La principal preocupación ha sido la expansión térmica diferencial entre bridas, una característica intrínseca de los intercambiadores de calor que, por diseño, están contruidos para transferir calor entre fluidos en la industria de procesos. En el estudio PVP2008-61121 Heat Exchanger Gaskets Radial Shear Testing [33], se estudiaron los efectos de la dilatación diferencial en juntas de doble camisa. La figura 8.15 ilustra la expansión diferencial, que ocurre cuando la brida del lado del cabezal está en contacto con un fluido a una temperatura diferente a la del fluido del lado del casco. Si el proceso se realiza en ciclos térmicos frecuentes, este problema se agrava porque existe un rozamiento constante entre las bridas y la junta.

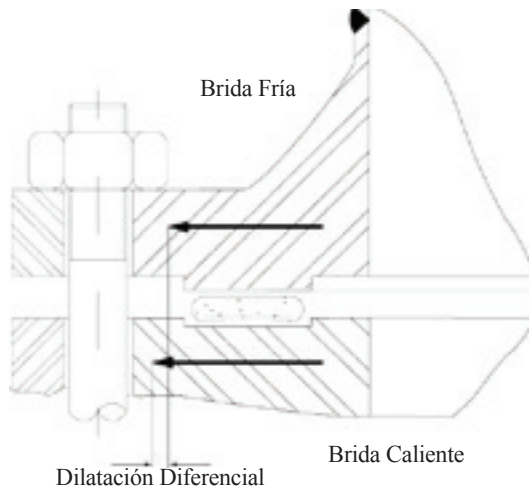


Figura 8.15

En una prueba que simula un intercambiador de calor, con una diferencia de aproximadamente 200 °C lo que provoca una expansión diferencial de 1,66 mm entre bridas, después de 100 ciclos térmicos hubo una reducción en la fuerza de apriete de los tornillos como se muestra en la Figura 8.16. Como se puede observar en el gráfico, hubo una pérdida de estanqueidad en la junta de aproximadamente el 50%, con una tendencia a la baja.

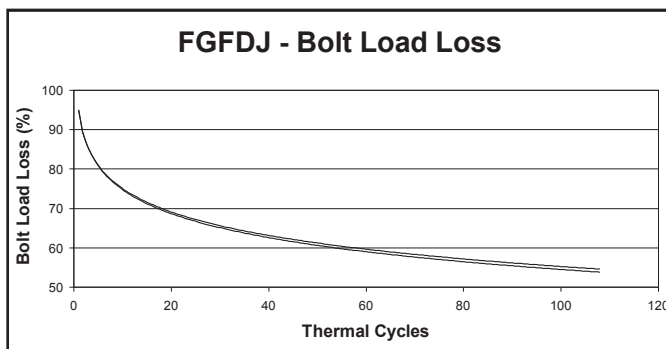


Figura 8.16

La figura 8.17 muestra el perfil de la junta al final de 100 ciclos. Analizando su estado, se puede concluir que el rozamiento con las bridas lo modificó gradualmente con la consiguiente pérdida de estanqueidad.



Figura 8.17

Se recomienda especificar otro tipo de junta siempre que el intercambiador de calor esté sujeto a ciclos térmicos frecuentes. Para estas aplicaciones, el estándar de la industria de procesos es utilizar juntas de tipo Camprofile como se muestra en el Capítulo 10 de este libro.

9. VALORES PARA EL CÁLCULO

Los valores para los cálculos según el código ASME, están demostrados en la Tabla 8.2.

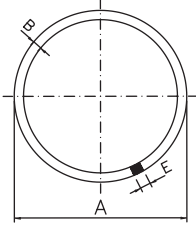
Tabla 8.2
Constantes para el Cálculo ASME

Material de la Junta	m	y
Aluminio	3.25	5500
Cobre o Bronce	3.50	6500
Acero Carbono	3.75	7600
Monel	3.50	8000
Acero Inoxidable	3.75	9000

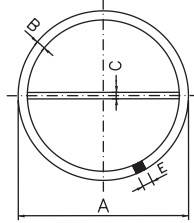
Los valores para el cálculo de la instalación según el ASME PCC-1 Apéndice O aún no habían sido determinados por ocasión de la edición de este libro.

Ejemplos de Formatos de Juntas Para Intercambiadores de Calor

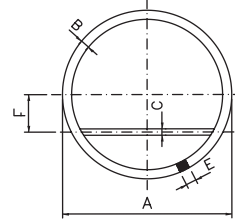
FORMATO - A



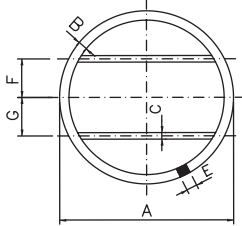
FORMATO - B



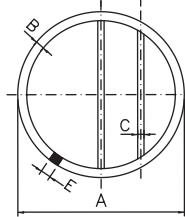
FORMATO - C



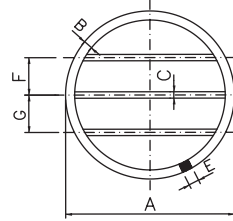
FORMATO - D



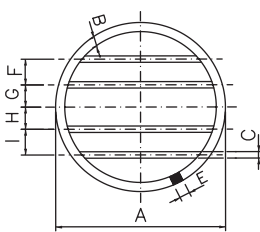
FORMATO - E



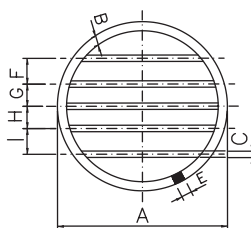
FORMATO - F



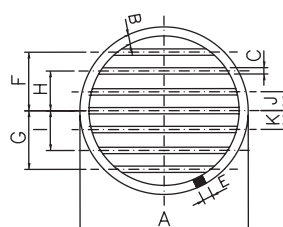
FORMATO - G



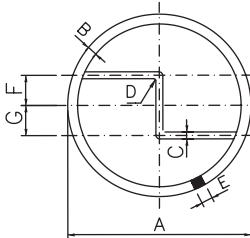
FORMATO - H



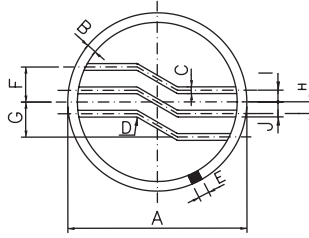
FORMATO - I



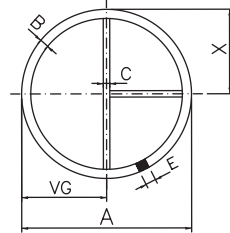
FORMATO - J



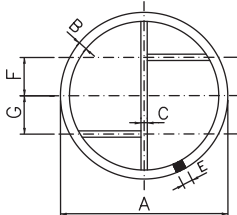
FORMATO - K



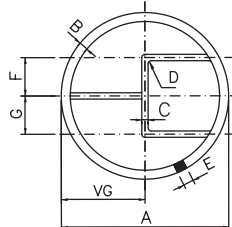
FORMATO - L



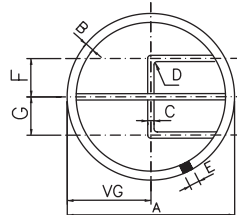
FORMATO - M



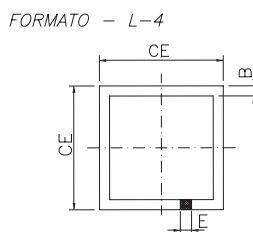
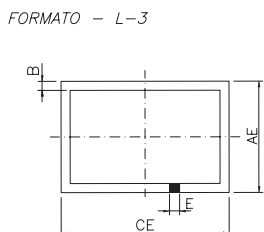
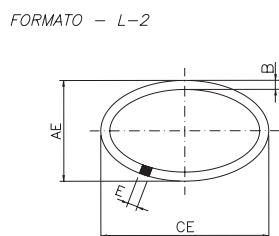
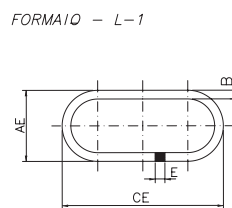
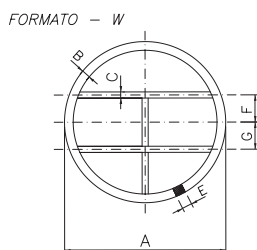
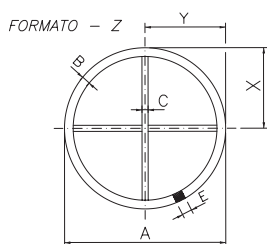
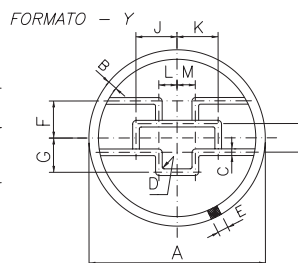
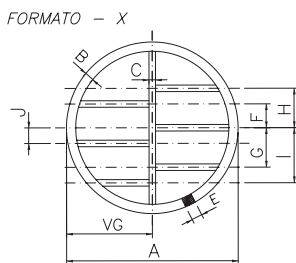
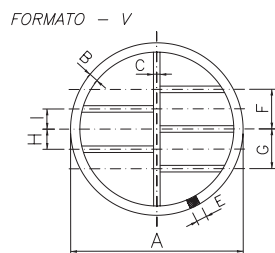
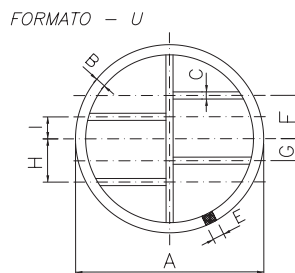
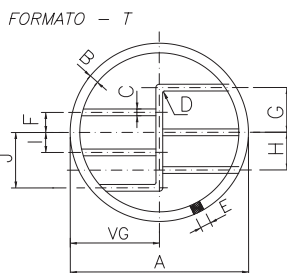
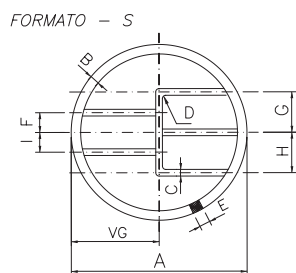
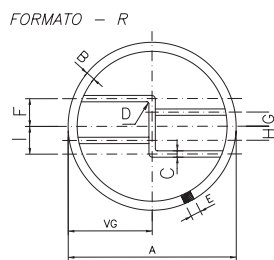
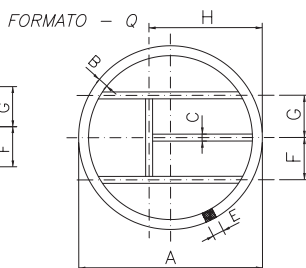
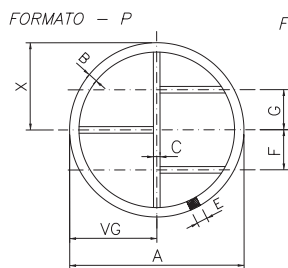
FORMATO - N



FORMATO - O



Ejemplos de Formatos de Juntas Para Intercambiadores de Calor (continuación)



JUNTAS TIPO ANILLO METALICO

1. DEFINICION

Son juntas metálicas sólidas. Esto es, sin relleno de materiales suaves. Pueden ser divididas en dos categorías principales: planas y *Ring-Joint*.

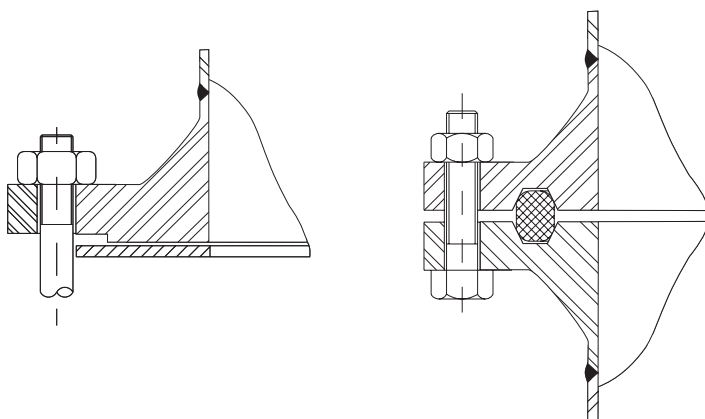


Figura 9.1

2. JUNTAS METALICAS PLANAS

Definidas como juntas de espesor relativamente pequeño, cuando es comparada con el ancho. Son normalmente fabricadas a partir de una chapa metálica, con la superficie de sellado mecanizada o no.

Como el sellado es obtenido por aplastamiento, la presión en la superficie de la junta debe ser mayor que la tensión de escurrimiento de su material. Por esta razón, los materiales y acabados de las bridas y de la junta deben ser cuidadosamente compatibilizados.

La dureza del material de la junta debe ser siempre menor que la del material de la brida, para no dañarla.

3. MATERIALES

Cualquier metal disponible en chapas que puedan ser cortadas, maquinadas o estampadas, puede ser usado. El tamaño de las juntas esta limitado por las chapas, siendo necesario soldadura para conseguir dimensiones superiores.

Las recomendaciones del Capítulo 6 de este libro, deben ser observadas al especificar el material de las juntas.

4. ACABADO DE LA SUPERFICIE DE SELLADO

Para un mejor desempeño, se recomienda el uso de bridas con acabado liso. La rugosidad debe ser, como máximo, de $1.6 \mu\text{m } R_a$ ($63 \mu\text{pol}$). En ninguna circunstancia, el acabado debe exceder a $3.2 \mu\text{m } R_a$ ($125 \mu\text{pol}$). Las rugosidades máximas para los anillos BX e IX son aún menores.

Fisuras o marcas radiales en la brida o en la junta son prácticamente imposibles de sellar con juntas metálicas sólidas.

5. TIPOS DE JUNTAS METALICAS PLANAS

5.1. TIPO 940

Son lisas y pueden ser fabricadas prácticamente en cualquier formato (Figura 9.2). Son usadas cuando no es necesaria compresibilidad para compensar desalineaciones, deformaciones o irregularidades superficiales, y cuando existe fuerza en los pernos suficiente para su aplastamiento. Sus aplicaciones típicas son bonetes de válvulas, intercambiadores de calor prensar hidráulicas y bridas lengüeta y ranura.

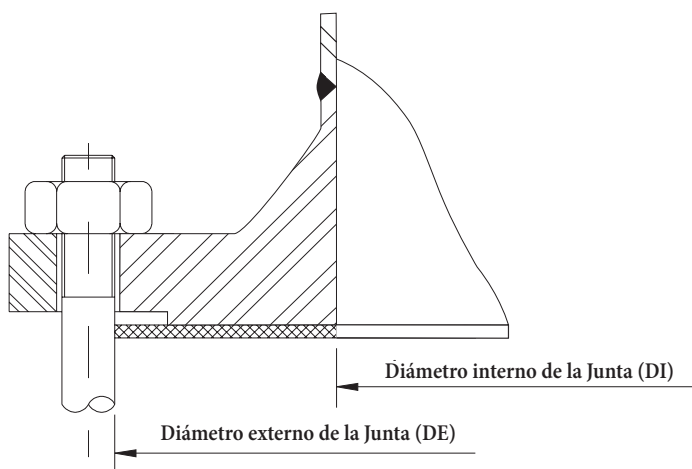


Figura 9.2

Estas juntas, dependiendo de la aleación o metal usado en su fabricación, poseen una elevada capacidad de resistencia al aplastamiento, siendo difíciles de sellar. Los valores de las presiones de aplastamiento máxima y mínima en temperatura ambiente para diversos materiales se muestran en la Tabla 9.1. El ancho de la superficie de sellado de la junta, debe ser, por lo menos, 1,5 veces su espesor.

Tabla 9.1
Presión de Aplastamiento para Juntas Tipo 940

Material	Presión de aplastamiento (MPa)	
	Mínima	Máxima
Hierro Dulce	235	525
AISI 1006/1008	235	525
AISI 1010/1020	265	600
AISI 304/316/321	335	750
AISI 309	400	900
Níquel	190	510
Cobre	135	300
Aluminio	70	140

5.2. TIPO 941

Junta plana con ranuras concéntricas (Figura 9.3). Combina las ventajas de la junta 940, con un área de contacto reducida, elevando la presión de aplastamiento. Usada cuando es necesaria una junta de metal sólido y la fuerza de aplastamiento disponible no es suficiente para sellar una junta tipo 940. Espesor mínimo de fabricación: 3.2 mm.

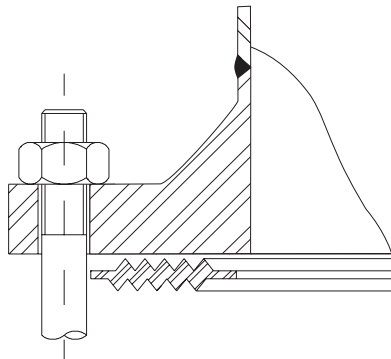


Figura 9.3

5.3. TIPO 943

Si las condiciones operacionales requieren el uso del tipo 941, más las bridas precisan ser protegidas, la junta puede tener camisa metálica doble (Figura 9.4).

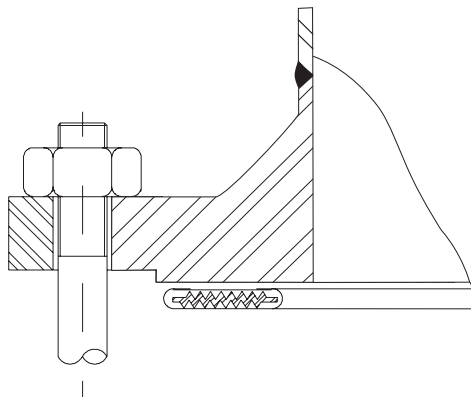


Figura 9.4

5.4. TIPO 900

Son juntas corrugadas metálicas (Figura 9.5). Son usadas en aplicaciones de baja presión donde haya limitación de peso y espacio. El espesor de la chapa debe ser de 0.2 mm a 1.0 mm, dependiendo del metal y paso del corrugado. En virtud del pequeña espesor de la chapa y del corrugado, la fuerza para aplastar la junta es bien reducida, si se la compara con las juntas tipo 940 y 941. Es necesario un mínimo de 3 corrugaciones para obtener de un sellado satisfactorio. Una pequeña parte plana en los diámetros interno y externo es recomendable para reforzar la junta. El paso del corrugado puede variar entre 1.1 mm y 6.4 mm. El espesor total de la junta es de 40% a 50% del paso. El límite de temperatura está determinado por el metal usado. Presión máxima: 35 bar (500 psi).

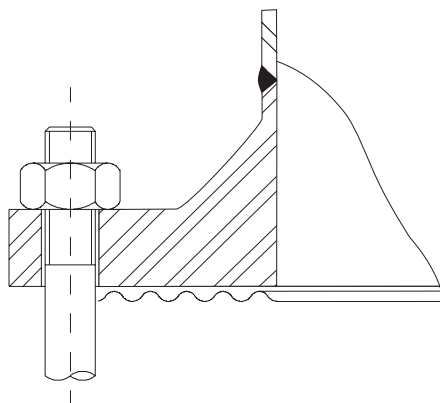


Figura 9.5

5.5. TIPO 905 Y 905-C

El tipo 905 es una junta tipo 900 con láminas de Grafito Flexible Graflex® pegada en ambos lados del corrugado (Figura 9.6). El espesor del metal es de 0.4 mm a 0.5 mm y el paso del corrugado, 4 mm, 5 mm o 6 mm.

Las juntas tipo 905-C tienen construcción semejante a las 905, sin embargo, algunas características son específicas. Fueron desarrolladas para uso en Intercambiadores de Calor en sustitución al tipo 923 y 927. Pruebas en laboratorio [34] y de campo mostraron que este tipo de junta presenta excepcional desempeño cuando existen cizallamientos radiales provocado por diferencias de temperatura entre los fluidos.

Las principales diferencias que distinguen el tipo 905-C son el paso de los corrugados y el uso exclusivamente de Graflex HT, que es pre comprimido sobre el núcleo metálico.

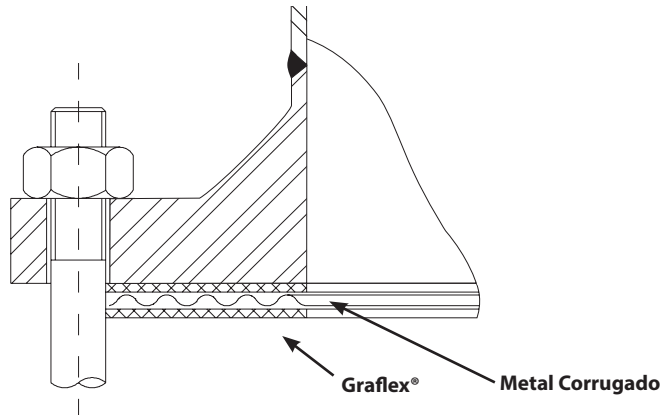


Figura 9.6

Puede también ser fabricada con empaquetadura de Fibra Cerámica o de Fibra de Vidrio (Figura 9.7) para uso en tuberías de grandes diámetros de gases de combustión o de Alto Horno, en temperaturas elevadas y baja presión.

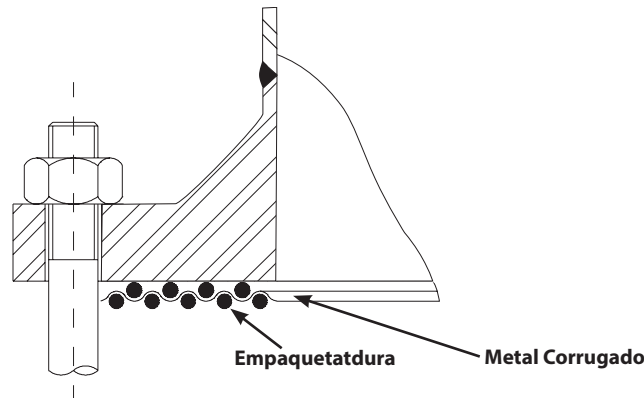


Figura 9.7

6. RING-JOINTS

Son anillos metálicos maquinados de acuerdo con estándares establecidos por la American Petroleum Institute, API 6A [38] e 17D [39] o American Society of Mechanical Engineers (ASME B16.20) [31], para aplicaciones en elevadas presiones y temperaturas. Una aplicación típica de los *Ring-Joints* es en los “Árboles de Navidad” (Christmas-Tree) usadas en los campos de producción de petróleo (Figuras 9.8 y 9.9).

El sellado se obtiene en una línea de contacto, causando elevadas presiones de aplastamiento y, de esta forma, forzando al material a escurrir en esta región. La pequeña área de sellado, con alta presión de contacto resulta de gran confiabilidad. En tanto, las superficies de contacto de la junta y de la brida deben ser cuidadosamente maquinadas y acabadas. Algunos tipos son activados por la presión, esto es, cuanto mayor es la presión mejor será la sellabilidad.

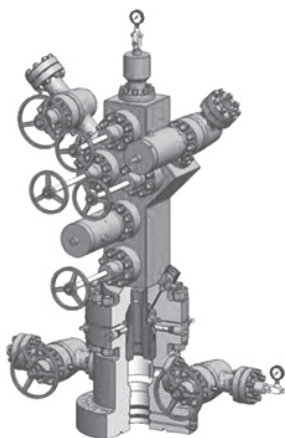


Figura 9.8

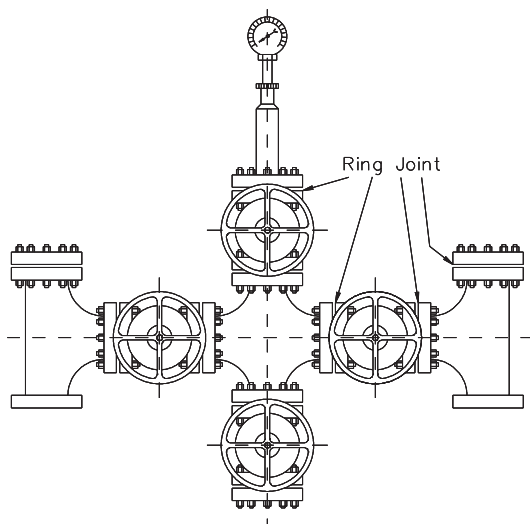


Figura 9.9

6.1. MATERIALES

Los materiales deben ser forjados, laminados o centrifugados fundidos. La Tabla 9.2 muestra los materiales más utilizados en la fabricación de Ring-Joints.

Tabla 9.2
Dureza Máxima de los Ring-Joints

Material	Dureza Máxima Rockwell B	Código
Hierro Dulce	56	D
Acero carbono	68	S
F5	72	F5
AISI 410	86	S410
AISI 304	83	S304
AISI 316	83	S306
AISI 347	83	S347
F11	68	M
INCONEL 625	98.3	N
ALLOY 825	92	CU

NOTAS:

- Dureza Rockwell medida con carga de 100kg y esfera de 1/16" de diámetro.
- El código de cada material es grabado en la junta al lado de la referencia de su tamaño, conforme indicado en las Normas API 6A y ASME B16.20.

6.2. ACABADO SUPERFICIAL

Las superficies de contacto de las bridas y de las juntas, deben tener la rugosidad máxima de $1.6 \mu\text{m } R_a$ ($63 \mu\text{pol } R_a$), sin marcas de herramientas, surcos u otras irregularidades superficiales.

6.3. DUREZA

Se recomienda que la dureza de la junta sea siempre menor que la de la brida, para evitar dañarla. Cuando los materiales de la junta y de la brida tienen una dureza similar, es necesario hacer un tratamiento térmico a la junta, para dejarla con la menor dureza posible.

6.4. DIMENSIONAMIENTO Y VALORES PARA EL CÁLCULO

Al especificar la aplicación de Ring-Joints, se recomienda seguir las indicaciones de la norma específica del anillo. En el final de este capítulo, los Anexos 9.1, 9.2 e 9.3 se presentan las dimensiones y datos de aplicación de los anillos según la Norma ASME B16.20 [31].

Los valores para cálculos según código ASME están mostrados en la Tabla 9.3.

Tabla 9.3
Constantes para el Cálculo ASME

Material de la junta	m	y
Acero al Carbono	5.50	18 000
Monel	6.00	21 800
Acero Inoxidable	6.50	26 000

Los valores para el cálculo de la instalación según el ASME PCC-1 Apéndice O aún no habían sido determinados por ocasión de la edición de este libro.

6.5. TIPOS DE ANILLOS DE RING-JOINT

6.5.1. TIPO 950

Es el tipo que fue estandarizado originalmente (Figura 9.10). Desarrollos posteriores resultaron en otras formas. Si las bridas fueron proyectadas usando las versiones más antiguas de las normas, con canal oval de alojamiento del Ring Joint, entonces debe ser usado solamente el tipo 950.

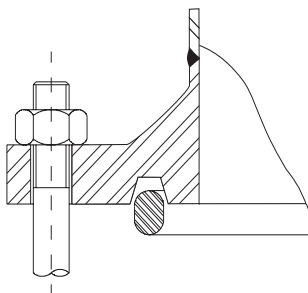


Figura 9.10

6.5.2. TIPO 951

Anillo de sección octogonal (Figura 9.11). Posee mayor eficiencia de sellado, su uso es más recomendado en los nuevos proyectos. Las bridas fabricadas por las versiones más recientes de las normas ASME (ANSI) y API, poseen canal con perfil proyectado para recibir los tipos 950 y 951.

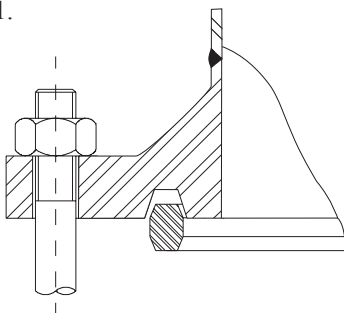


Figura 9.11

6.5.3. TIPO RX

Posee una forma especialmente diseñada para usar la presión interna como auxilio al sellado (Figura 9.12). La cara externa de la junta hace el contacto inicial con la brida haciendo el aplastamiento y sellado. A medida que la presión interna de la línea o equipo aumenta, lo mismo pasa con la fuerza de contacto entre la junta y la brida, elevando, de esta forma, la eficiencia del sellado. Esta característica de proyecto torna este tipo

más resistente a las vibraciones que se producen durante la perforación y elevaciones súbitas de presión y choque, comunes en los trabajos en campos de petróleo. El tipo RX es totalmente intercambiable con los tipos 950 y 951, usando el mismo tipo de canal de alojamiento en la brida y número de referencia.

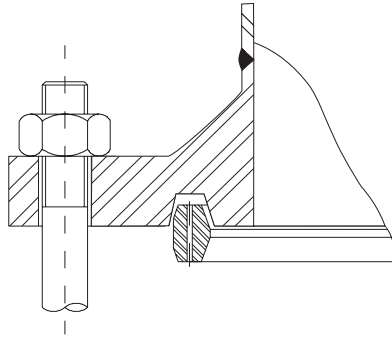


Figura 9.12

6.5.4. TIPO BX

Posee una sección cuadrada con cantos chaflanados (Figura 9.13). Proyectado para su empleo solamente en bridas API 6BX, en presiones de 2 000 a 20 000 psi. El diámetro medio de la junta es ligeramente mayor que el del alojamiento en la brida. Así, al ser montada, la junta queda pre-comprimida por el diámetro externo, creando el efecto de elevación del sellado, con el aumento de presión de operación. Las conexiones que usan juntas tipo BX, poseen una pequeña interferencia. La junta es efectivamente “estampada” por los alojamientos de las bridas, no pudiendo ser reutilizada.

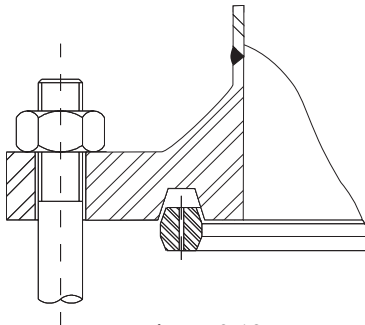


Figura 9.13

6.5.5. TIPO IX

Desarrollados en Noruega y normalizados por L - 005 - Compact Flange Connections [40]. Usados en bridas compactas, este tipo de junta (Figura 9.14) tiene aplicaciones cada vez mayores en virtud de las ventajas presentadas por las reducidas dimensiones y peso de las bridas cuando comparadas con su similar ASME o API. Sin embargo, su instalación es

más compleja que los tipos tradicionales. Por ocasión de la edición de este libro estaba en preparación la Norma ISO/CO 27509 bastante semejante a la norma NORSOK - L005.

En el concepto de la brida compacta el sellado es proporcionado por la energía elástica almacenada en la junta que quedan del montaje. Las caras de las bridas están en contacto y participan del sellado. La Tabla 9.5 muestra las principales dimensiones de los anillos IX.

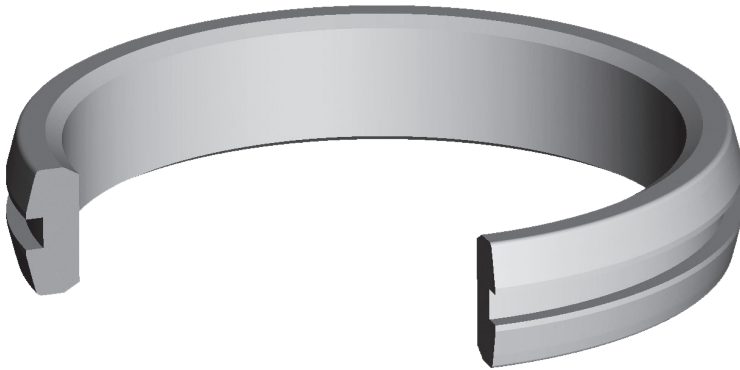
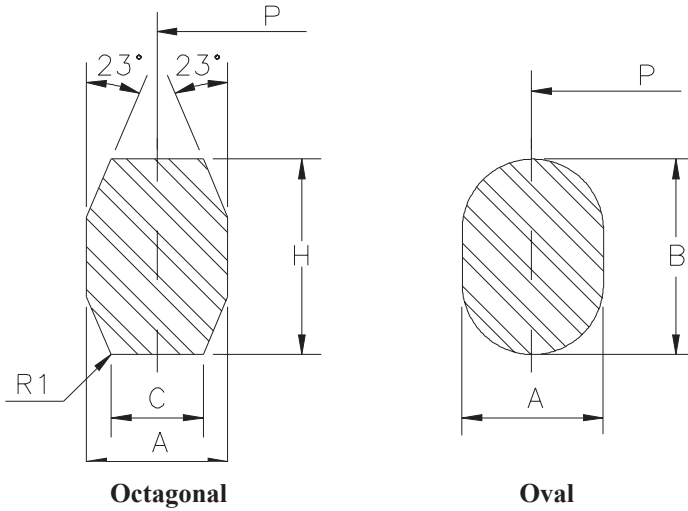


Figura 9.14

6.5.6. OTROS TIPOS

Existen diversos otros tipos de juntas metálicas, de aplicaciones bastante restrictas, como, por ejemplo, los tipos lente, delta y Bridgeman, que están fuera del ámbito de este libro.

Anexo 9.1
Dimensões para Ring-Joints Tipo 950 e 951 em polegadas



Número del Anillo	Diámetro Médio P	Ancho A	Altura del Anillo		Ancho C	Radio del Anillo R1
			Oval B	Octogonal H		
R-11	1.344	0.250	0.44	0.38	0.170	0.06
R-12	1.563	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-13	1.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-14	1.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-15	1.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-16	2.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-17	2.250	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-18	2.375	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-19	2.563	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-20	2.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-21	2.844	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-22	3.250	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-23	3.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-24	3.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-25	4.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-26	4.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-27	4.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-28	4.375	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-29	4.500	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-30	4.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-31	4.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-32	5.000	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-33	5.188	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-34	5.188	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06

Anexo 9.1 (Continuación)
Dimensiones para Ring-Joints Tipo 950 y 951 en pulgadas

Número del Anillo	Diámetro Médio P	Ancho	Altura del Anillo		Ancho C	Radio del Anillo R1
			Oval B	Octogonal H		
R-35	5.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-36	5.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-37	5.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-38	6.188	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-39	6.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-40	6.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-41	7.125	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-42	7.500	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-43	7.625	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-44	7.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-45	8.313	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-46	8.313	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06
R-47	9.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-48	9.750	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-49	10.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-50	10.625	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-51	11.000	0.875	1.13	1.06	0.583	0.06
R-52	12.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-53	12.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-54	12.750	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-55	13.500	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-56	15.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-57	15.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-58	15.000	0.875	1.13	1.06	0.583	0.06
R-59	15.625	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-60	16.000	1.250	1.56	1.50	0.879	0.09
R-61	16.500	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-62	16.500	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-63	16.500	1.000	1.31	1.25	0.681	0.09
R-64	17.875	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-65	18.500	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-66	18.500	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-67	18.500	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-68	20.375	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-69	21.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-70	21.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-71	21.000	1.125	1.44	1.38	0.780	0.09
R-72	22.000	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-73	23.000	0.500	0.75	0.69	0.341	0.06

Anexo 9.1 (Continuación)
Dimensiones para Ring-Joints Tipo 950 y 951 en pulgadas

Número del Anillo	Diámetro Médio P	Ancho A	Altura del Anillo		Ancho C	Radio del Anillo R1
			Oval B	Octogonal H		
R-74	23.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06
R-75	23.000	1.250	1.56	1.50	0.879	0.09
R-76	26.500	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06
R-77	27.250	0.625	0.88	0.81	0.413	0.06
R-78	27.250	1.000	1.31	1.25	0.681	0.09
R-79	27.250	1.375	1.75	1.63	0.977	0.09
R-80	24.250	0.313	-	0.50	0.206	0.06
R-81	25.000	0.563	-	0.75	0.377	0.06
R-82	2.250	0.438	-	0.63	0.305	0.06
R-84	2.500	0.438	-	0.63	0.305	0.06
R-85	3.125	0.500	-	0.69	0.341	0.06
R-86	3.563	0.625	-	0.81	0.413	0.06
R-87	3.938	0.625	-	0.81	0.413	0.06
R-88	4.875	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-89	4.500	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-90	6.125	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-91	10.250	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-92	9.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06
R-93	29.500	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-94	31.500	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-95	33.750	0.750	-	0.94	0.485	0.06
R-96	36.000	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-97	38.000	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-98	40.250	0.875	-	1.06	0.583	0.06
R-99	9.250	0.438	-	0.63	0.305	0.06
R-100	29.500	1.125	-	1.38	0.780	0.09
R-101	31.500	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-102	33.750	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-103	36.000	1.250	-	1.50	0.879	0.09
R-104	38.000	1.375	-	1.63	0.977	0.09
R-105	40.250	1.375	-	1.63	0.977	0.09

Tolerancias:

- Diámetro medio P: $\pm 0.007''$
- Ancho A: $\pm 0.007''$
- Altura B y H: $+0.05''$, $-0.02''$. La variación de la altura en todo el perímetro del anillo no puede exceder de $0.02''$
- Ancho C: $\pm 0.008''$
- Radio R: $\pm 0.02''$
- Ángulo de $(23 \pm 0.5)^\circ$

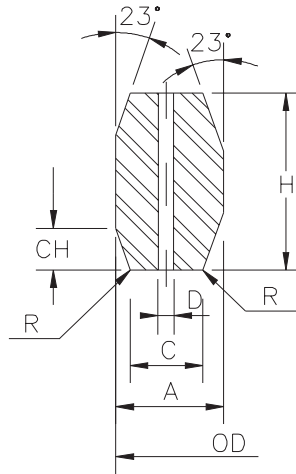
Anexo 9.2
Tabla de aplicación de los Ring-Joints Tipo 950 e 951

Número del Anillo R	Clase de Presión y Diámetro Nominal											
	ASME B16.5					API 6B				ASME B16.47 Série A		
	150	300 600	900	1500	2500	720 960	2000	3000	5000	150	300 600	900
R-11		1/2										
R-12			1/2	1/2								
R-13		3/4			1/2							
R-14			3/4	3/4								
R-15	1											
R-16		1	1	1	3/4	1	1	1	1			
R-17	1 1/4											
R-18		1 1/4	1 1/4	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4			
R-19	1 1/2											
R-20		1 1/2	1 1/2	1 1/2		1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2			
R-21					1 1/4							
R-22	2											
R-23		2			1 1/2	2	2					
R-24			2	2				2	2			
R-25	2 1/2											
R-26		2 1/2			2	2 1/2	2 1/2					
R-27			2 1/2	2 1/2				2 1/2	2 1/2			
R-28					2 1/2							
R-29	3											
R-30		3										
R-31		3	3			3	3	3				
R-32					3							
R-33	3 1/2											
R-34		3 1/2										
R-35				3					3			
R-36	4											
R-37		4	4			4	4	4	3 1/2			
R-38					4							
R-39				4					4			
R-40	5											
R-41		5	5			5	5	5				
R-42					5							
R-43	6											
R-44				5					5			
R-45		6	6			6	6	6				
R-46				6					6			
R-47					6							
R-48	8											
R-49		8	8			8	8	8				
R-50				8					8			
R-51					8							
R-52	10											
R-53		10	10			10	10	10				
R-54				10					10			
R-55					10							
R-56	12											
R-57		12	12			12	12	12				
R-58				12								

Anexo 9.2 (continuación)
Tabla de aplicación de los Ring-Joints Tipo 950 y 951

Número del Anillo R	Clase de Presión y Diámetro Nominal									ASME B16.47 Série A		
	ASME B16.5					API 6B						
	150	300 600	900	1500	2500	720 960	2000	3000	5000	150	300 600	900
R-59	14											
R-60					12							
R-61		14				14	14	14				
R-62			14									
R-63				14								
R-64	16											
R-65		16				16	16					
R-66			16					16				
R-67				16								
R-68	18											
R-69		18				18	18					
R-70			18					18				
R-71				18								
R-72	20											
R-73		20				20	20					
R-74			20					20				
R-75				20								
R-76	24											
R-77		24										
R-78			24									
R-79				24								
R-80												
R-81												
R-82									1			
R-84									1 ½			
R-85									2			
R-86									2 ½			
R-87									3			
R-88									4			
R-89									3 ½			
R-90									5			
R-91									10			
R-92												
R-93											26	
R-94											28	
R-95											30	
R-96											32	
R-97											34	
R-98											36	
R-99							8	8				
R-100												26
R-101												28
R-102												30
R-103												32
R-104												34
R-105												36

Anexo 9.3
Dimensiones para Ring-Joints Tipo RX en pulgadas



Número del Anillo	Diámetro externo OD	Ancho A	Ancho C	Altura CH	Altura H	Radio R	Agujero D
RX-20	3.000	0.344	0.182	0.125	0.750	0.06	-
RX-23	3.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-24	4.172	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-25	4.313	0.344	0.182	0.125	0.750	0.06	-
RX-26	4.406	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-27	4.656	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-31	5.297	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-35	5.797	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-37	6.297	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-39	6.797	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-41	7.547	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-44	8.047	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-45	8.734	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-46	8.750	0.531	0.263	0.188	1.125	0.06	-
RX-47	9.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	-
RX-49	11.047	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-50	11.156	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	-
RX-53	13.172	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-54	13.281	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	-
RX-57	15.422	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-63	17.391	1.063	0.582	0.333	2.000	0.09	-
RX-65	18.922	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-66	18.031	0.656	0.335	0.208	1.250	0.06	-

Anexo 9.3 (Continuación)
Dimensiones para Ring-Joints Tipo RX en pulgadas

Número del Anillo	Diámetro externo OD	Ancho A	Ancho C	Altura CH	Altura H	Radio R	Agujero D
RX-69	21.422	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-70	21.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	-
RX-73	23.469	0.531	0.263	0.208	1.250	0.06	-
RX-74	23.656	0.781	0.407	0.271	1.625	0.09	-
RX-82	2.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-84	2.922	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-85	3.547	0.531	0.263	0.167	1.000	0.06	0.06
RX-86	4.078	0.594	0.335	0.188	1.125	0.06	0.09
RX-87	4.453	0.594	0.335	0.188	1.125	0.06	0.09
RX-88	5.484	0.688	0.407	0.208	1.250	0.06	0.12
RX-89	5.109	0.719	0.407	0.208	1.250	0.06	0.12
RX-90	6.875	0.781	0.479	0.292	1.750	0.09	0.12
RX-91	11.297	1.188	0.780	0.297	1.781	0.09	0.12
RX-99	9.672	0.469	0.254	0.167	1.000	0.06	-
RX-201	2.026	0.226	0.126	0.057	0.445	0.02 (3)	-
RX-205	2.453	0.219	0.120	0.072 (2)	0.437	0.02 (3)	-
RX-210	3.844	0.375	0.213	0.125 (2)	0.750	0.03 (3)	-
RX-215	5.547	0.469	0.210	0.167 (2)	1.000	0.06 (3)	-

Notas:

1. Para los anillos de RX-82 a RX-91 es necesario apenas un orificio de ecualización de presión, localizado en el punto medio del ancho C.
2. La Tolerancia de estas dimensiones es +0, -0.015"
3. La Tolerancia de estas dimensiones es +0.02", - 0.

Tolerancias:

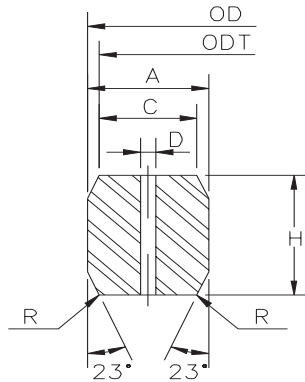
- Diámetro externo OD: +0.020", -0.
- Ancho A: +0.008", -0. La variación de la anchura en todo el perímetro del anillo no puede exceder 0.004"
- Ancho C: +0.006", -0.
- Altura CH: +0, -0.03"
- Altura H: +0.008", -0. La variación de la altura en todo el perímetro del anillo no puede exceder 0.004"
- Radio R: ± 0.02 "
- Ángulo de $(23 \pm 0.5)^\circ$
- Orificio D: ± 0.02 "

Anexo 9.4 (Continuación)
Tabla de Aplicación de los Anillos RX

Número del Anillo RX	Clase de Presión y Diámetro Nominal - API 6B			
	720 - 960 - 2000	2900	3000	5000
RX-20	1 ½		1 ½	1 ½
RX-23	2			
RX-24			2	2
RX-25				3 ⅛
RX-26	2 ½			
RX-27			2 ½	2 ½
RX-31	3		3	
RX-35				3
RX-37	4		4	
RX-39				4
RX-41	5		5	
RX-44				5
RX-45	6		6	
RX-46				6
RX-47				8
RX-49	8		8	
RX-50				8 ⁽¹⁾
RX-53	10		10	
RX-54				10
RX-57	12		12	
RX-63				14
RX-65	16			
RX-66			16	
RX-69	18			
RX-70			18	
RX-73	20			
RX-74			20	
RX-82		1		
RX-84		1 ½		
RX-85		2		
RX-86		2 ½		
RX-87		3		
RX-88		4		
RX-89		3 ½		
RX-90		5		
RX-91		10		
RX-99	8 ⁽¹⁾		8 ⁽¹⁾	
RX-201				1 ⅜
RX-205				1 ⅓ ₁₆
RX-210				2 ⅞ ₁₆
RX-215				4 ⅛ ₁₆

⁽¹⁾ Conexión Rosqueada Cruzada

Anexo 9.5
Dimensiones para Ring-Joints Tipo BX en pulgadas



Número del Anillo	Diámetro Nominal	Diámetro Externo OD	Altura H	Ancho A	Diámetro Externo ODT	Ancho C	Agujero D
BX-150	1 ¹¹ / ₁₆	2.842	0.366	0.366	2.790	0.314	0.06
BX-151	1 ¹³ / ₁₆	3.008	0.379	0.379	2.954	0.325	0.06
BX-152	2 ¹ / ₁₆	3.334	0.403	0.403	3.277	0.346	0.06
BX-153	2 ⁹ / ₁₆	3.974	0.448	0.448	3.910	0.385	0.06
BX-154	3 ¹ / ₁₆	4.600	0.488	0.488	4.531	0.419	0.06
BX-155	4 ¹ / ₁₆	5.825	0.560	0.560	5.746	0.481	0.06
BX-156	7 ¹ / ₁₆	9.367	0.733	0.733	9.263	0.629	0.12
BX-157	9	11.593	0.826	0.826	11.476	0.709	0.12
BX-158	11	13.860	0.911	0.911	13.731	0.782	0.12
BX-159	13 ⁵ / ₈	16.800	1.012	1.012	16.657	0.869	0.12
BX-160	13 ⁵ / ₈	15.850	0.938	0.541	15.717	0.408	0.12
BX-161	16 ⁵ / ₈	19.347	1.105	0.638	19.191	0.482	0.12
BX-162	16 ⁵ / ₈	18.720	0.560	0.560	18.641	0.481	0.06
BX-163	18 ³ / ₄	21.896	1.185	0.684	21.728	0.516	0.12
BX-164	18 ³ / ₄	22.463	1.185	0.968	22.295	0.800	0.12
BX-165	21 ¹ / ₄	24.595	1.261	0.728	24.417	0.550	0.12
BX-166	21 ¹ / ₄	25.198	1.261	1.029	25.020	0.851	0.12
BX-167	26 ³ / ₄	29.896	1.412	0.516	29.696	0.316	0.06
BX-168	26 ³ / ₄	30.128	1.412	0.632	29.928	0.432	0.06
BX-169	5 ¹ / ₈	6.831	0.624	0.509	6.743	0.421	0.06
BX-170	6 ⁵ / ₈	8.584	0.560	0.560	8.505	0.481	0.06
BX-171	8 ⁹ / ₁₆	10.529	0.560	0.560	10.450	0.481	0.06
BX-172	11 ⁵ / ₃₂	13.113	0.560	0.560	13.034	0.481	0.06
BX-303	30	33.573	1.494	0.668	33.361	0.457	0.06

Anexo 9.3 (Continuación)

Dimensiones para Ring-Joints Tipo BX en pulgadas

- Para todos los anillos es necesario apenas un orificio de equalización de presión, localizado en el punto medio del ancho C.

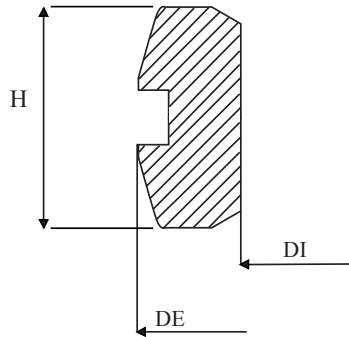
Tolerancias:

- Diámetro externo OD: +0, -0.005"
- Altura H: +0.008", -0. La variación de la altura en todo el perímetro del anillo no puede exceder 0.004"
- Ancho A: +0.008", -0. La variación de la anchura en todo el perímetro del anillo no puede exceder 0.004"
- Diámetro ODT: ± 0.002 "
- Ancho C: +0.006", -0.
- Orificio D: ± 0.02 "
- Altura CH: +0, -0.03"
- Radio R: de 8% a 12% de altura del anillo H.
- Ángulo de $(23 \pm 0.25)^\circ$

Tabla de Aplicación de los Anillos BX

Número del Anillo BX	Clase de Presión y Diámetro Nominal - API 6BX					
	2 000	3 000	5 000	10 000	15 000	20 000
BX-150				1 ¹¹ / ₁₆	1 ¹¹ / ₁₆	
BX-151				1 ¹³ / ₁₆	1 ¹³ / ₁₆	1 ¹³ / ₁₆
BX-152				2 ¹ / ₁₆	2 ¹ / ₁₆	2 ¹ / ₁₆
BX-153				2 ⁹ / ₁₆	2 ⁹ / ₁₆	2 ⁹ / ₁₆
BX-154				3 ¹ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆	3 ¹ / ₁₆
BX-155				4 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆	4 ¹ / ₁₆
BX-156				7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₁₆
BX-157				9	9	9
BX-158				11	11	11
BX-159				13 ⁵ / ₈	13 ⁵ / ₈	13 ⁵ / ₈
BX-160			13 ⁵ / ₈			
BX-161			16 ³ / ₄			
BX-162			16 ³ / ₄	16 ³ / ₄	16 ³ / ₄	
BX-163			18 ³ / ₄			
BX-164				18 ³ / ₄	18 ³ / ₄	
BX-165			21 ¹ / ₄			
BX-166				21 ¹ / ₄		
BX-167	26 ³ / ₄					
BX-168		26 ³ / ₄				
BX-169				5 ¹ / ₈		
BX-170				6 ⁵ / ₈	6 ⁵ / ₈	
BX-171				8 ⁹ / ₁₆	8 ⁹ / ₁₆	
BX-172				11 ⁵ / ₃₂	11 ⁵ / ₃₂	
BX-303	30	30				

Anexo 9.7
Tabla de Dimensiones de los Anillos tipo Ring Joint IX
(Conforme norma NORSOK standard L-005)



DN	NPS	Número del Anillo	DI mm	DE mm	H mm
15	½	IX15	22.2	30.19	10.00
20	¾	IX20	27.2	35.20	10.00
25	1	IX25	34.2	42.22	10.00
40	1½	IX40	49.3	58.21	10.56
50	2	IX50	61.3	71.13	11.78
65	2½	IX65	74.4	85.05	12.98
80	3	IX80	89.5	100.96	14.24
100	4	IX100	115.7	128.85	16.19
125	5	IX125	142.0	156.75	17.94
150	6	IX150	170.2	186.66	19.64
200	8	IX200	220.5	238.54	22.36
250	10	IX250	274.9	298.42	25.20
300	12	IX300	325.0	347.36	27.15
350	14	IX350	357.1	380.32	28.46
400	16	IX400	409.3	434.27	30.47
450	18	IX450	459.4	486.23	32.28
500	20	IX500	511.6	539.20	34.06
550	22	IX550	561.7	591.18	35.69
600	24	IX600	611.9	642.16	37.25
650	26	IX650	664.0	695.16	38.81
700	28	IX700	714.1	747.16	40.25
750	30	IX750	766.3	800.16	41.69
800	32	IX800	816.4	851.16	43.03
850	34	IX850	866.6	902.18	44.34
900	36	IX900	918.7	956.19	45.65
950	38	IX950	968.8	1 007.21	46.88
1000	40	IX1000	1021.0	1 060.23	48.12
1050	42	IX1050	1071.1	1 111.26	49.29
1100	44	IX1100	1121.3	1 162.28	50.43
1150	46	IX1150	1173.4	1 215.31	51.59
1200	48	IX1200	1223.6	1 266.35	52.68

JUNTAS CAMPROFILE

1. INTRODUCCIÓN

Con el avance tecnológico de los procesos, son exigidas juntas para aplicaciones en condiciones cada vez más rigurosas, obligando al desarrollo de nuevos productos para atender estas exigencias. El tipo de junta considerado clásico para uso en intercambiadores de calor es llamado “Doble Camisa Metálica” (Teadit Tipo 923), que consiste en un relleno blando revestido por una doble camisa metálica, según se muestra en la Figura 8.6.

Una de las características de las juntas para intercambiadores de calor es que son fabricadas bajo pedido. Como estos equipos son construidos para atender las condiciones específicas de intercambio térmico del proceso, no existen dimensiones y formatos estandarizados.

Uno de los requisitos para que una junta pueda ser usada con presiones elevadas es resistir a los torques elevados, necesarios para conseguir un sellado adecuado. Las juntas “Doble Camisa Metálica” debido a su construcción, con un relleno blando, poseen una buena capacidad de acomodarse a las irregularidades de las bridas. Sin embargo, esta característica va en perjuicio de una mayor resistencia al aplastamiento mayores a 250 MPa (36 000 psi).

Los intercambiadores de calor que trabajan con grandes fluctuaciones o diferenciales de temperatura entre el casco y los tubos, la junta es sometida a tensiones de cizallamiento causadas por la dilatación diferencial de las bridas. Estas tensiones deforman las juntas “Doble Camisa” provocando un gran relajamiento y, eventualmente, pérdidas.

Una de las alternativas para presiones de trabajo elevadas es el uso de las juntas metálicas planas (Teadit Tipo 940), mostrada en la Figura 9.2. Las juntas tipo 940 presentan diversos problemas para su fabricación e instalación. Este tipo de junta es muy sensible a cualquier daño en las bridas, en especial surcos o fallas radiales. Al ser fabricadas con un metal o aleación maciza es evidente la dificultad en escurrir el material para rellenar las irregularidades normales de las bridas. Las dimensiones, muchas veces también obligan a soldar la junta, creando puntos de dureza elevada. Estos puntos pueden dañar las bridas o no permitir el aplastamiento uniforme de la junta

Para superar los problemas de las juntas macizas planas, una alternativa es el empleo de juntas macizas dentadas (del tipo diente de sierra), Teadit Tipo 941, según se muestra en la Figura 9.3.

Las juntas dentadas poseen las mismas características de resistencia a elevadas presiones de trabajo. La forma dentada permite un mejor aplastamiento y crea un efecto de laberinto en la superficie de sellado. Al mismo tiempo que poseen un buen desempeño del punto de vista del sellado, el dentado puede provocar surcos en las bridas.

Combinando las características de las juntas macizas y la excelente sellabilidad del Grafito Flexible (Graflex®), del PTFE Laminado y Expandido o Micaflex®, fueron desarrolladas las juntas Camprofile, Teadit Tipo 942 y 946. Constituidas por un núcleo metálico dentado cubierto con una fina película de material blando, según se muestra en la Figura 10.1 y 10.2.

En Intercambiadores de Calor los excelentes resultados de campo comprueban resultados de pruebas de laboratorio donde la condición de dilatación diferencial es simulada. Este estudio presentado en el Congreso ASME/PVP 2011 Heat Exchanger Gaskets Radial Shear Testing [33] muestra las diferencias de desempeño entre las juntas tipo Camprofile y las tradicionales de doble cobertura tipos 923 y 927. En el estudio comparativo Spiral Wound versus Flexible Graphite Faced Serrated Metal Pipe Flange Gaskets in Thermal Cycling and Pressure Comparative Testing [41] se verificó que la sellabilidad y relajamiento de las juntas Camprofile son semejantes a los de las juntas en espiral.

En virtud de los excelentes resultados obtenidos con las juntas Camprofile en aplicaciones críticas fueron elaboradas propuestas de normalización de estas juntas para el uso en bridas de tuberías. En la Sección 9 de este Capítulo están las principales características de las juntas Camprofile para bridas ASME B16.5, según el ASME B16.20 [31].

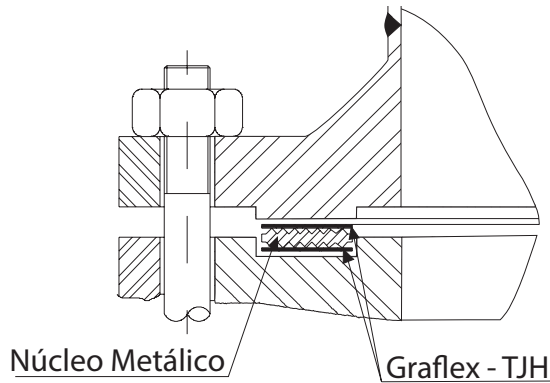


Figura 10.1

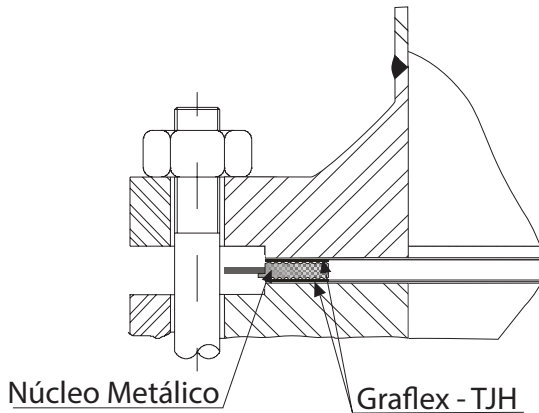


Figura 10.2

Las juntas Teadit Camprofile ofrecen las siguientes ventajas:

- Presión de trabajo máxima de hasta 250 bar
- Temperatura máxima de hasta 1000°C
- Amplio rango de aplicación
- Resiste a los efectos de la dilatación diferencial de las bridas

El perfil metálico y la cobertura fueron especialmente desarrollados para permitir el excelente desempeño de la junta en las condiciones más severas de trabajo. La combinación del perfil metálico con el espesor de la cinta de cobertura es tal que, incluso en las más elevadas presiones de aplastamiento se crea una película fina entre la brida y el núcleo metálico. Esta película presenta una elevada sellabilidad, al mismo tiempo que impide el contacto entre el metal de la junta y la brida, evitando dañarla. La Figura 10.3 muestra la junta y las coberturas de Graflex® tras un ensayo de aplastamiento de 300 MPa (43 500 psi).

El Graflex® densifica formando una película de 0.1mm de espesor entre el pico dentado y la brida. El perfil posee paso, profundidad y forma de las ranuras que impiden la extrusión de la película de cobertura.

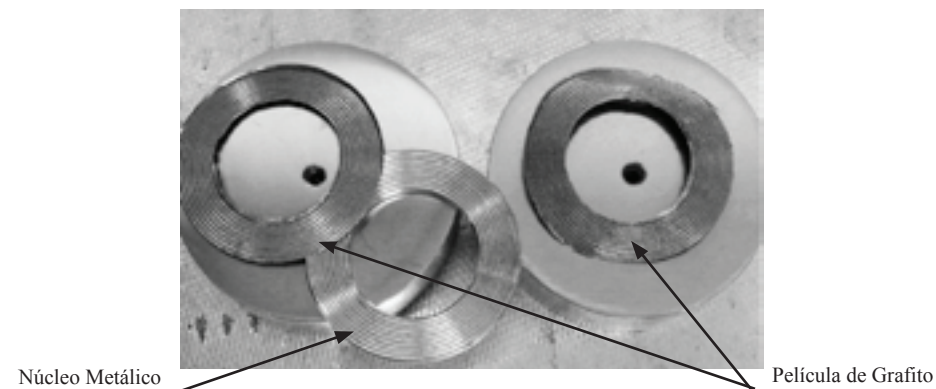


Figura 10.3

Las coberturas de Graflex®, PTFE o Micaflex® por ser materiales de bajo coeficiente de fricción permiten el deslizamiento entre la junta y la brida, característica fundamental para un buen desempeño en los intercambiadores de calor con dilatación diferencial de las bridas. El coeficiente de fricción encontrado en ensayos realizados por Teadit en el desarrollo de las juntas Camprofile fue de 0.045 a 0.080.

El perfil metálico dentado permite alcanzar elevadas presiones de aplastamiento con bajo torque en los pernos. La fina película Graflex®, PTFE o Micaflex® rellena las irregularidades y evita que el dentado marque la superficie de las bridas; El efecto de laberinto también es acentuado por el Graflex®, PTFE o Micaflex®, creando un sellado que une la resistencia de una junta metálica con la sellabilidad de estos tres materiales.

2. MATERIALES

2.1. NÚCLEO METÁLICO

El material del núcleo debe ser especificado de acuerdo con la compatibilidad química del fluido y con la temperatura de operación. Es recomendable que el núcleo sea fabricado con el mismo material del equipo para evitar corrosión y problemas de expansión diferencial. Seguir las recomendaciones de los Capítulos 2 y 6.

2.2. COBERTURA DE SELLADO

Los materiales más usados en la cobertura son:

- Graflex[®], mostrado en el Capítulo 3.
- Graflex[®] HT, mostrado en el Capítulo 7.
- Micaflex[®], mostrado en el Capítulo 7.
- Quimflex[®], mostrado en el Capítulo 5.

Los límites de presión y temperatura de cada material de cobertura están relacionados en la Tabla 10.1.

Tabla 10.1
Límites de Presion y Temperatura

Material	Temperatura (°C)		Presión de operación (bar)
	mínima	máxima	máxima
Graflex [®]	-240	450	345
Graflex [®] HT	-240	650	345
Micaflex [®]	-50	1 000	50
Quimflex [®]	-240	260	100

3. LÍMITES DE OPERACIÓN

El rango de presión y temperatura de trabajo de la junta depende de los límites de cada material, conforme indicado en el Capítulo 6 y en la Tabla 10.1. El límite de servicio de la junta es el menor valor de la combinación del límite para metal y para la cobertura. Por ejemplo, una junta Teadit tipo 942 en acero carbono AISI 1010/1020 y Graflex[®] tiene el siguiente rango de operación:

- presión máxima (bar): 345
- temperatura máxima (°C): 450

4. CÁLCULO DEL TORQUE

Los valores de “m” e “y” para cálculo por la Norma ASME, División 1, Sección VIII, Apéndice II e instalación de la junta siguiendo las recomendaciones del ASME-PCC-1 son mostrados a seguir.

Tabela 10.2
Constantes Para Cálculo ASME

Material de cobertura	m	y-psi
Grafite flexible	2	2500
PTFE	2	2500
Micaflex	8	5900

Las constantes del Apéndice O del ASME-PCC-1 conforme detallado en el Capítulo 2 de este libro obtenidos en pruebas de laboratorio son:

- Tensión mínima aplastamiento de instalación ($S_{g_{min-S}}$): 8000 psi
- Tensión mínima de aplastamiento de la junta en operación ($S_{g_{min-O}}$): 3900 psi
- Tensión máxima de aplastamiento de la junta ($S_{g_{max}}$) = 70000 psi
- Factor de relajamiento de la junta (ϕ_g): 0.90
- Rotación máxima permisible con la brida ($\theta_{g_{max}}$): 1.1°

5. ACABADO SUPERFICIAL

El acabado recomendado para la superficie de sellado de las bridas es de $1.6 \mu m$ a $2.0 \mu m R_a$ ($63 \mu pol$ a $80 \mu pol R_a$). Este rango es conocida como “acabado liso”.

6. DIMENSIONAMIENTO

Al dimensionar una junta Camprofile, utilice las holguras y tolerancias indicadas en las Tablas 10.3 y 10.4.

Tabla 10.3
Holgura entre la Junta y la Brida

Tipo de confinamiento de la junta	Diámetro de la junta	
	Interno	Externo
Bridas lengüeta y ranura	diámetro interno de la ranura + 1.6mm	diámetro externo da ranura - 1.6mm
Juntas confinadas por el diámetro externo	diámetro interno de la brida + 3.2 mm	diámetro externo de la brida - 1.6 mm
Juntas confinadas por el diámetro interno	diámetro interno de la brida + 1.6 mm	diámetro externo de la brida - 3.2 mm

Tabla 10.4
Tolerancias de Fabricación

Diámetro interno de la junta	Tolerancias (mm)	
	interno	externo
hasta 500 mm	+0.8 -0.0	+0.0 -0.8
de 500 a 1500 mm	+1.6 -0.0	+0.0 -1.6
mayor que 1500 mm	+2.5 -0.0	+0.0 -2.5

7. FORMATOS

El Anexo 8.1 muestra los formatos más comunes de juntas para intercambiadores de calor. Las divisiones son soldadas en el anillo externo de la junta.

Los anchos estándares de la junta, dimensión “B”, son 10, 13, 16 e 20 mm. Otros anchos pueden ser producidos bajo consulta.

El espesor estándar, dimensión “E” es de 4 ± 0.2 mm, siendo 3.2 mm para el núcleo metálico y 0.4mm para cada una de las dos camadas de cobertura. Otros espesores de núcleo pueden ser fabricadas bajo consulta.

8. JUNTAS CAMPROFILE TIPO 946 PARA BRIDAS ASME B16.5

La norma ASME B16.20 [31] presenta las dimensiones y tolerancias para juntas aplicadas en bridas ASME B16.5 [46].

La Figura 10.4 muestra la forma constructiva más común, con un área de sellado dentada con cobertura de Grafito Flexible (Graflex®) o PTFE y anillo centrador.

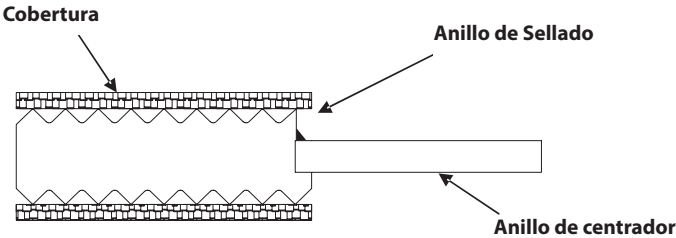


Figura 10.4

8.1 DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Los diámetros de las juntas para bridas ASME B16.5 están mostrados en el Anexo 10.1. Las demás dimensiones están en la Tabla 10.5.

Tabela 10.5
Tolerancias de Fabricación

Diámetro interno de la junta - in (mm)	Tolerancias de Fabricación- in (mm)	
	Interno	Externo
hasta 20 (500)	+1/32, 0.0 (+0.8 -0.0)	+0.0, -1/32 (+0.0 -0.8)
de 20 (500) a 60 (1500)	+1/16, -0.0 (+1.6 -0.0)	+0.0, -1/16 (+0.0 -1.6)
mayor que 60 (1500)	+3/32, -0.0 (+2.5 -0.0)	+0.0, -3/32 (+0.0 -2.5)

8.2 MARCACIÓN

El anillo centrador es marcado con símbolos de, como mínimos, 0.100 plg de altura, constando las siguientes indicaciones:

- Identificación del fabricante (nombre o marca).
- Diámetro nominal de la brida.
- Clase de presión.
- Código del material del anillo de sellado.
- Código del material de la cobertura.
- Código del material del anillo de centrador.

La tabla con los códigos de los materiales está en el Anexo 10.2

Anexo 10.1

Dimensiones de Juntas Camprofile ASME B16.20 para bridas ASME B16.5

Diámetro Nominal NPS	Anillo de Sellado		Diámetro externo del anillo externo D3(mm)						
	Diámetro interno D1(mm)	Diámetro externo D2(mm)	Clase de Presión						
			150	300	400	600	900	1500	2500
1/2	23,1	33,3	47,8	54,1	54,1	54,1	63,5	63,5	69,9
3/4	28,7	39,6	57,2	66,8	66,8	66,8	69,9	69,9	76,2
1	36,6	47,5	66,8	73,2	73,2	73,2	79,5	79,5	85,9
1 1/4	44,5	60,2	76,2	82,6	82,6	82,6	88,9	88,9	104,9
1 1/2	52,3	69,9	85,9	95,6	95,3	95,3	98,6	98,6	117,6
2	69,9	88,9	104,9	111,3	111,3	111,3	143	143	146,1
2 1/2	82,6	101,6	124	130,3	130,3	130,3	165,1	165,1	168,4
3	98,3	123,7	136,7	149,4	149,4	149,4	168,4	174,8	196,9
4	123,7	153,9	174,8	181,1	177,8	193,8	206,5	209,6	235
5	150,9	182,6	196,9	215,9	212,9	241,3	247,7	254	279,4
6	177,8	212,6	222,3	251	247,7	266,7	289,1	282,7	317,5
8	228,6	266,7	279,4	308,1	304,8	320,8	358,9	352,6	387,4
10	282,7	320,8	339,9	362	358,9	400,1	435,1	435,1	476,3
12	339,6	377,7	409,7	422,4	419,1	457,2	498,6	520,7	549,4
14	371,6	409,7	450,9	485,9	482,6	492,3	520,7	577,9	
16	422,4	466,6	514,4	539,8	536,7	565,2	574,8	641,4	
18	479,3	530,1	549,4	596,9	593,9	612,9	638,3	704,9	
20	530,1	580,9	606,6	654,1	647,7	682,8	698,5	755,7	
24	631,7	682,5	717,6	774,7	768,4	790,7	838,2	901,7	

Tolerancias:

D1	+ 0,8 -0,8
D2	+ 0,8 -0,8
D3	+ 0,8 -0,8

Anexo 10.2

Códigos de los materiales para Juntas Camprofile para bridas ASME B16.5

Material	Código
Anillos de Sellado y Centradores	
Acero Carbono	CRS
Acero Inox 304	304
Acero Inox 304 L	304 L
Acero Inox 309	309
Acero Inox 310	310
Acero Inox 316	316 L
Acero Inox 317 L	317 L
Acero Inox 347	347
Acero Inox 321	321
Acero Inox 430	430
Monel 400	MON
Niquel 200	NI
Titanio	TI
Hastelloy B	HAST B
Hastelloy C	HAST C
Inconel 600	INC 600
Inconel 625	INC 625
Inconel X-750	INX
Incoloy 800	IN 800
Incoloy 825	IN 825
Zirconio	ZIRC
Cobertura	
Graflex®	FG
PTFE	PTFE

JUNTAS PARA AISLAMIENTO ELÉCTRICO

1. CORROSIÓN ELETROQUÍMICA

Este es el tipo de corrosión encontrado con mayor frecuencia. Se produce a temperatura ambiente. Es el resultado de la reacción de un metal con agua o solución acuosa de sales, ácidos o bases.

La Figura 11.1 ilustra una corrosión Electroquímica.

Como se puede observar, existen dos reacciones, una en el ánodo y otra en el cátodo. Las reacciones anódicas son siempre oxidaciones y, por lo tanto, tienden a disolver el metal en el ánodo, o a combinarlos en forma de óxido.

Los electrones producidos en la región anódica participan de la reacción catódica. Estos electrones fluyen a través del metal, formando una corriente eléctrica.

Las reacciones catódicas son siempre de reducción, y normalmente no afectan al metal del cátodo, pues la mayoría de los metales no pueden ser reducidos.

La base de la corrosión electroquímica es la existencia de una reacción anódica donde los metales del ánodo pierden electrones. La medida, de la tendencia de un metal a perder electrones, sirve como criterio básico para determinar su corrosividad.

Esta medida, expresada en volts, con relación a una célula de hidrógeno gaseoso, es encontrada en los manuales de corrosión.

Para el hierro, el valor es de 0.44 V, y para el zinc es de 0.76 V. Poseyendo el zinc, potencial más elevado, habrá una corriente desde el zinc hacia el hierro (del potencial más elevado hacia el más bajo). El zinc, siendo ánodo, es corroído.

Si, por ejemplo, en lugar de zinc, en la Figura 11.1 tuviéramos cobre, de potencial 0.34 V, habrá corrosión del hierro, que tiene mayor potencial.

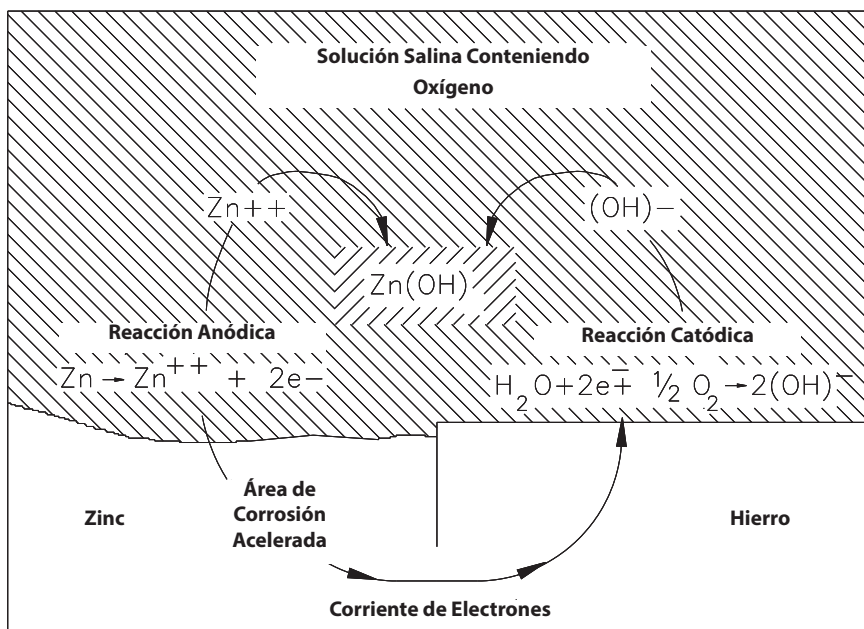


Figura 11.1

De este modo, la relación entre los potenciales electroquímicos de los metales en contacto, es quien va a determinar cuál de ellos será corroído. El principio es extensamente usado y el cincado de chapas de acero al carbono es uno de los ejemplos más comunes del uso controlado de la corrosión electroquímica.

La Tabla 11.1 muestra la relación entre algunos metales y aleaciones.

Tabla 11.1
Série electrolítica en agua salada

Ánodo (base)	Magnesio
	Zinc
	Hierro fundido
	Acero Carbono
	Acero Inoxidable 304
	Cobre
	Acero Inoxidable 316
	Inconel
	Titanio
	Monel
Cátodo (noble)	Oro
	Platino

2. PROTECCIÓN CATÓDICA

La protección catódica consiste en usar controladamente el principio de la corrosión electroquímica, descrito anteriormente, para protección de tuberías, tanques y otros equipos sumergidos.

El tramo de tubería o el tanque a ser protegido, debe ser aislado eléctricamente del resto del sistema. De esta forma, se evita el pasaje de corrientes galvánicas a hacia los puntos no protegidos.

Son también colocados ánodos de zinc en cantidad suficiente para absorber la corriente galvánica. Estos ánodos son consumidos en el proceso, y, periódicamente deben ser substituidos.

La Figura 11.2 ilustra una tubería sumergida protegida por electrones de zinc, y aislada del resto del sistema.

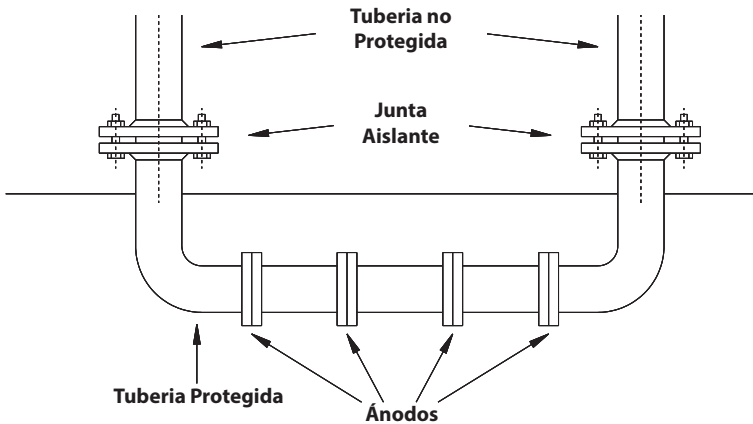


Figura 11.2

3. SISTEMA DE AISLAMIENTO DE BRIDAS

Según lo mostrado, para evitar las corrientes eléctricas existentes en el proceso, provoquen corrosión en otras áreas o tramos de tubería protegida, debe ser eléctricamente aislado del resto del sistema.

La figura 11.3 muestra la vista explosionada de un conjunto de aislamiento de brida.

El lado aislado no puede tener ninguna parte metálica en contacto con otras partes, formando, por lo tanto, un sistema semejante al de la Figura 11.1.

Los componentes de un sistema de aislamiento de bridas son:

- Juntas aislante.
- Camisas aislantes.
- Arandelas aislantes.
- Arandelas metálicas.

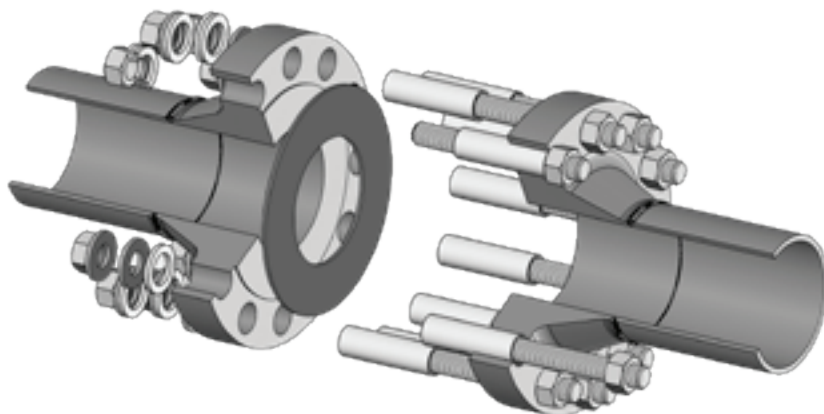


Figura 11.3

Tradicionalmente, las juntas aislantes se fabrican con resina fenólica recubierta con un elastómero o mecanizadas como un anillo Ring Joint. La resina fenólica, aunque presenta excelentes propiedades de resistencia eléctrica, tiene baja resistencia mecánica, causando fallas en la aplicación con fugas, algunas veces llegando a ser catastróficas.

Para aplicaciones en bridas de clase 150 y 300, se utilizan juntas hechas de resina fenólica recubierta con neopreno. La figura 11.4 muestra una junta de este tipo que falló debido a una prueba de explosión. Como se puede ver, hubo una separación del elastómero y el núcleo de la resina fenólica.

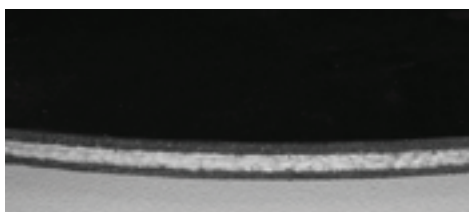


Figura 11.4

Para bridas de clases de presión superiores a 300, a menudo se especifican juntas de anillo tipo Ring Joint de resina fenólica mecanizadas. Debido a que son bridas para alta presión, el apriete es alto, muchas veces superior al máximo soportado por la resina fenólica, lo que resulta en la rotura y la consiguiente falla de la junta, como se muestra en la Figura 11.5.

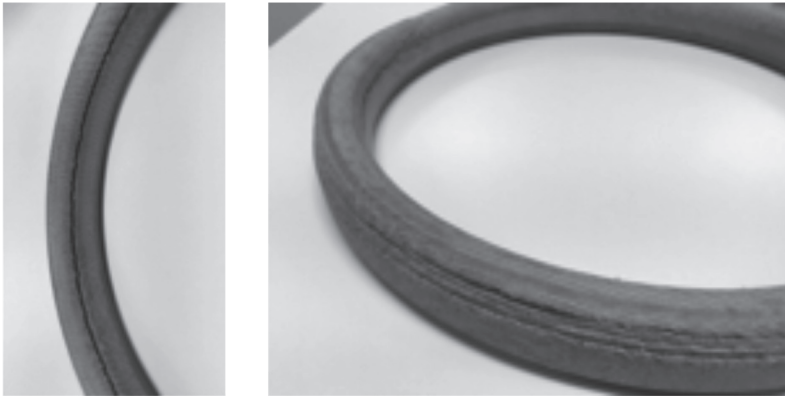


Figura 11.5

Para resolver estos problemas con las juntas tradicionales, Teadit desarrolló juntas Electron[®] específicas para el aislamiento eléctrico de tuberías. Como se muestra a continuación, hay diferentes tipos, que deben seleccionarse de acuerdo con las necesidades de la aplicación.

4. JUNTAS AISLANTES TIPO ELECTRON[®] GS

Electron[®] GS es una junta de sellado y aislante eléctrica desarrollada a partir de lámina comprimida con aglomerante NBR, fibra de aramida y cargas especiales. La junta Electron[®] GS fue diseñada para cumplir con los requisitos de sellabilidad y aislamiento eléctrico en aplicaciones con bajos requisitos, como tuberías de agua (mar y desechos) e hidrocarburos líquidos con baja agresividad química en general. Electron[®] GS presenta un rendimiento superior y más confiable que las juntas fabricadas con resina fenólica, frecuentemente utilizadas en estas aplicaciones.

Datos Técnicos	
Bridas Tipo/Clase	FF y RF ASME 150 y 300#
Resistencia eléctrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dieléctrica	3 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Límite de aplastamiento	140 MPa (20000 psi)
Temperatura máxima	150 °C (302 °F)

Sellabilidad	
Norma	DIN 3535-4
Fuga	1.37E-03 mbar.l/s

Factores de Apriete	
m	3.2
y	3000 psi

El conjunto se suministra con la junta, camisas y arandelas aislantes en resina epoxi reforzada con tela de fibra de vidrio (G-10) y arandelas metálicas. En las pruebas de laboratorio se determinó que la instalación del conjunto debería ser como se muestra en la Figura 11.6.

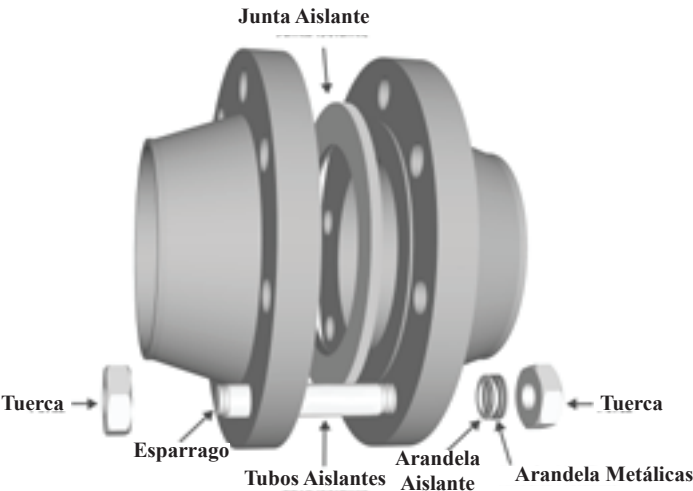


Figura 11.6

5. JUNTAS AISLANTES TIPO ELECTRON® CS

Electron® CS es una junta de sellado y aislante eléctrica desarrollada a partir de PTFE reestructurado, Tealon™. La junta Electron® CS fue diseñada para cumplir con los requisitos de sellabilidad y aislamiento eléctrico en fluidos de mayor agresividad química. El conjunto se recomienda para tuberías de agua (potables, marinas, residuales y producidas), gases, ácidos e hidrocarburos en general. Electron® CS tiene un rendimiento superior y más confiable que las juntas hechas de resina fenólica, a menudo recomendadas en estos procesos.

Datos Técnicos	
Bridas Tipo/Clase	FF y RF ASME 150 y 300#
Resistencia eléctrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dieléctrica	4 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Límite de aplastamiento	180 MPa (26000 psi)
Temperatura máxima	180°C (356 °F)

Sellabilidad	
Norma	DIN 3535-4
Fuga	4.11E-05 mbar.l/s

Factores de Apriete	
m	2
y	1500 psi

6. JUNTAS AISLANTES TIPO ELECTRON® SCS

Electron® SCS es una junta de sellado y aislante eléctrica compuesta de una base de metal en acero inoxidable 316 recubierto en ambos lados con PTFE reestructurado, Tealon™ (Figura 11.7). La junta Electron® SCS está diseñada para cumplir con los requisitos técnicos más exigentes, incluso cuando se somete a condiciones de presión extrema o exposición a fluidos químicamente agresivos. Se recomienda para tuberías de agua (mar, residuos y producidas), gases, ácidos e hidrocarburos en general.

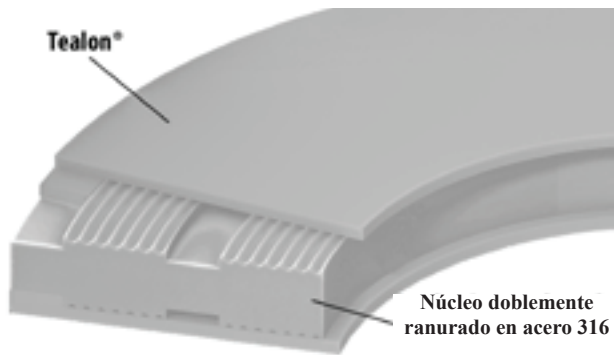


Figura 11.7

Datos Técnicos	
Bridas Tipo/Classe	RF y RTJ ASME 150-2500# y API 6A 2-10K
Resistencia eléctrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dieléctrica	4 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Absorción de Agua	< 0.1 %
Límite de aplastamiento	350 MPa (50000 psi)
Temperatura máxima	200 °C (392 °F)

Sellabilidad	
Norma	DIN 3535-4
Fuga	1.83E-08 mbar.l/s

Factores de Apriete	
m	2
y	2500 psi

El conjunto se suministra con la junta, camisas y arandelas aislantes en resina epoxi reforzada con tela de fibra de vidrio (G-10) y arandelas metálicas. En las pruebas de laboratorio se determinó que la instalación del conjunto debería ser como se muestra en la Figura 11.8.

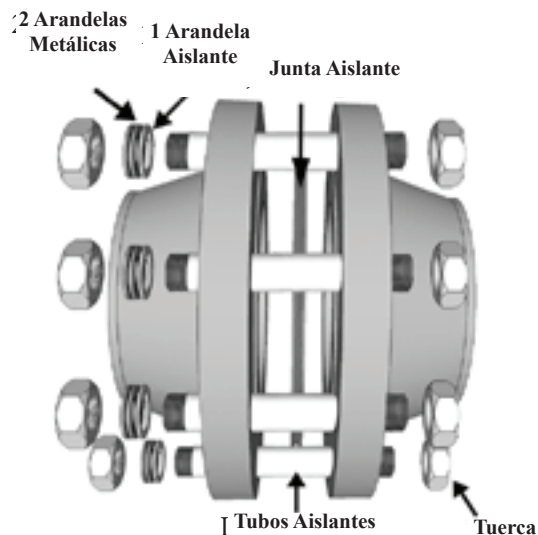


Figura 11.8

7. JUNTAS AISLANTES TIPO ELECTRON[®] FSS

Electron[®] FSS es una junta de sellado y aislante eléctrica con propiedad “Fire-Safe”, compuesta de una base metálica en acero inoxidable 316 recubierto en ambos lados con PTFE reestructurado Tealon[™] y laminado de mica TerMica (Figura 11.9). Su construcción robusta garantiza el sellado, el aislamiento y la resistencia al fuego (Fire Safe) en tuberías de proceso, plataformas de producción de petróleo y tuberías. La junta Electron[®] se produce de acuerdo con la patente estadounidense número 9890859 B2 [66].

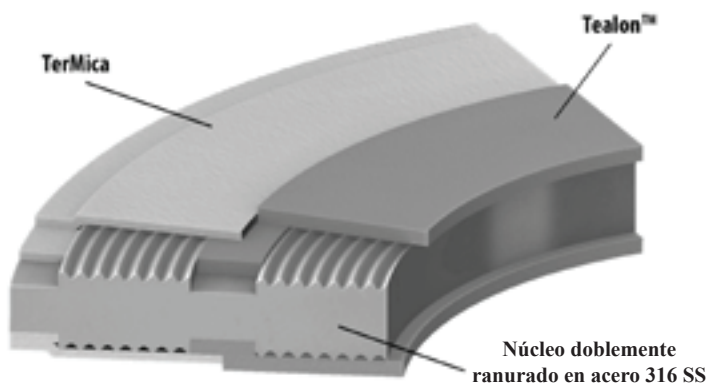


Figura 11.9

La Junta Electron[®] FSS está diseñada para cumplir con aplicaciones críticas incluso bajo los requisitos más severos de presión y resistencia química. Está indicado para tuberías que requieren aislamiento eléctrico en líneas con agua marina o producida, productos químicos, hidrocarburos y aplicaciones que requieren resistencia al fuego.

Certificación Fire Safe: la junta Electron[®] FSS cumple con la especificación API 6FB, sin fugas durante todo el procedimiento de prueba.

Datos Técnicos	
Bridas Tipo/Clase	RF e RTJ ASME 150-2500# e API 6A 2-10K
Resistencia eléctrica	> 100 MΩ (1500 Vcc)
Rigidez dieléctrica	5 kV (60 Hz Vca por 1 minuto)
Absorción de Agua	< 0.1 %
Límite de aplastamiento	350 MPa (50000 psi)
Temperatura máxima	260 °C (500 °F)

Sellabilidad	
Norma	EN13555
Fuga	< 1.00E-05 mg/m/s

Factores de Apriete	
m	2
y	2500 psi

El conjunto se suministra con la junta, , camisas aislantes en resina epoxi reforzada con tejido de fibra de vidrio (G-10), arandelas aislantes en TerMica y arandelas metálicas. En las pruebas de laboratorio se determinó que la instalación del ensamblaje debería ser como se muestra en la Figura 11.10.

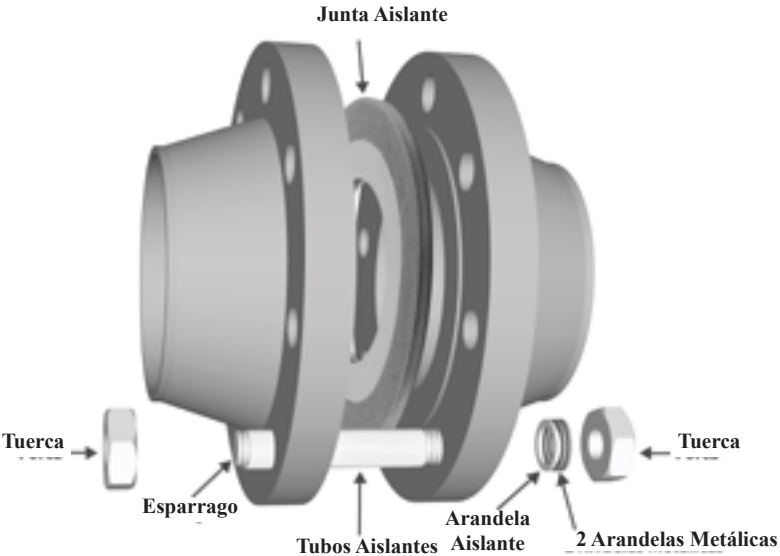


Figura 11.10

INSTALACIÓN

1. LA IMPORTANCIA DE LA INSTALACIÓN

Uno de los puntos más importantes para el buen desempeño de una unión bridada es una instalación correcta. Por mejor y correctamente especificada que haya sido la junta, si los procedimientos de montaje no son realizados correctamente, hay una gran probabilidad de pérdidas. En la práctica verificamos que la gran mayoría de las pérdidas ocurre por errores en la instalación. Fundamentos básicos, tales como la falta de lubricación, apriete excesivo o insuficiente y una junta no centralizada en la brida son las mayores causas de pérdidas.

Por esta razón, la norma ASME PCC-1- Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly [6] se emitió con el objetivo de orientar la correcta instalación de las juntas de tuberías y recipientes a presión. Esta norma, en su más reciente edición, incluye detallados procedimientos para el entrenamiento y calificación de montadores de juntas.

El Grupo Teadit ofrece a sus clientes el servicio de asesoría de especificación y cálculo de apriete, además de personal técnico calificado para entrenar instaladores para que sea posible obtener rastreabilidad de la instalación en sus clientes clave.

2. BULONES Y PERNOS

Los bulones o pernos usados en bridas de tuberías y equipos son de acero aleado y el material debe ser seleccionado de acuerdo con las condiciones operacionales. La selección de estos materiales no está entre los objetivos de este libro.

En la mayoría de las aplicaciones, el material de los pernos es el ASTM A193 B7 [42] que ofrece elevadas tensiones de límites de elasticidad y rotura. La Figura 12.1 muestra el gráfico típico de la fuerza de apriete para los pernos en función del ángulo de rotación de la tuerca. El rango de apriete normal es entre 40% y 70% del límite de esparcimiento. En situaciones especiales y con un control riguroso, es posible, incluso, alcanzar valores cercanos al límite de escurrimiento. Aprietes con valores inferiores a 40% no alargan lo suficiente para que haya un margen para el relajamiento, en estos casos existe el riesgo de que la junta quede sin un apriete suficiente que asegure un sellado adecuado

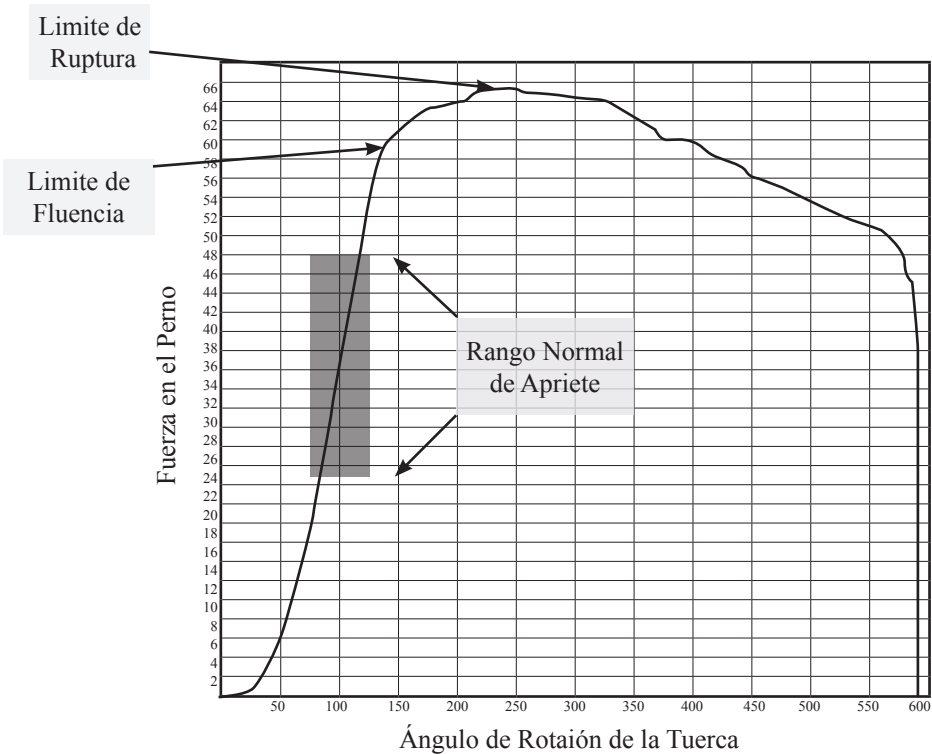


Figura 12.1

Las áreas resistivas de los pernos imperiales están en la Tabla 12.1 y métricos en la Tabla 12.2.

Tabla 12.1
Pernos Imperiales

Dimensión	Hilos por pulgada	Área de la raíz (pol²)	Área de tensión (pol²)
1/2	13	0.1257	0.1419
5/8	11	0.202	0.226
3/4	10	0.302	0.334
7/8	9	0.419	0.462
1	8	0.551	0.606
1 1/8	8	0.728	0.790
1 1/4	8	0.929	1.000
1 3/8	8	1.155	1.233
1 1/2	8	1.405	1.492
1 5/8	8	1.68	1.78
1 3/4	8	1.98	2.08
1 7/8	8	2.30	2.41
2	8	2.65	2.77
2 1/4	8	3.42	3.56
2 1/2	8	4.29	4.44
2 3/4	8	5.26	5.43
3	8	6.32	6.51
3 1/4	8	7.49	7.69
3 1/2	8	8.75	8.96
3 3/4	8	10.11	10.34
4	8	11.57	11.81

Tabla 12.2
Pernos Métricos

Dimensión	Área de la raíz (mm²)	Área de tensión (mm²)
M12 x 1.75	72	84
M14 x 2	100	115
M16 x 2	138	157
M20 x 2.5	217	245
M22 x 2.5	272	303
M24 x 3	313	353
M27 x 3	414	459
M30 x 3.5	503	561
M33 x 3.5	629	694
M36 x 4	738	817
M39 x 4	890	976
M42 x 4.5	1018	1121
M45 x 4.5	1195	1306
M48 x 5	1343	1473
M52 x 5	1615	1 758
M56 x 5.5	1863	2030
M64 x 6	2467	2676
M72 x 6	3 222	3460
M80 x 6	4077	4344
M90 x 6	5287	5591
M100 x 6	6652	6995

3. TUERCAS

Al igual que los pernos, las tuercas deben ser de un material adecuado para las condiciones operacionales. El material más usado para tuercas es el ASTM A194 2H [43].

4. ARANDELAS

Si el apriete es realizado con un torquímetro, se recomienda el uso de arandelas templadas para reducir la fricción entre la tuerca y la superficie de la brida. El gráfico de la Figura 12.2 muestra la reducción de la fuerza de fricción cuando no se usan arandelas o cuando éstas son de acero no templado. El Apéndice M de ASME PCC-1 proporciona recomendaciones para los tamaños y materiales de las arandelas.

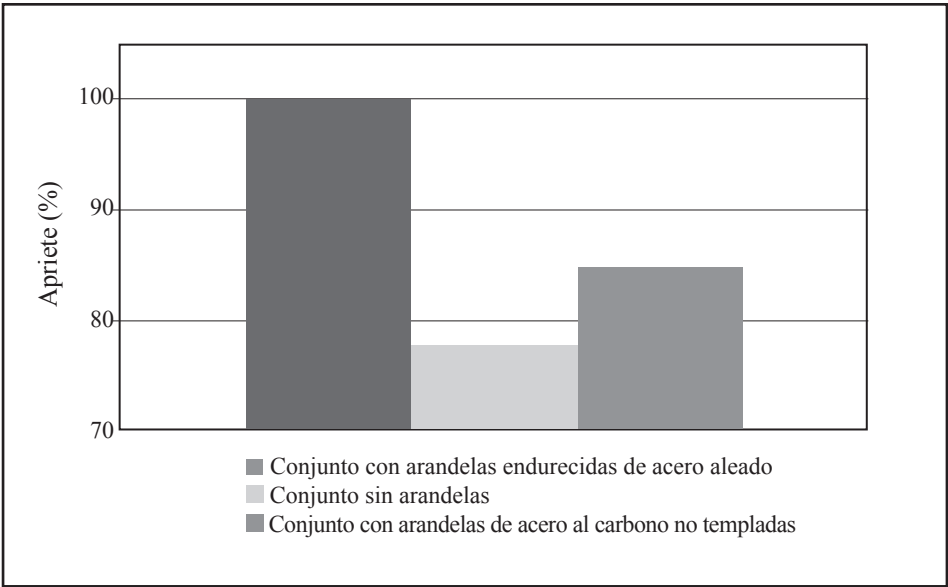


Figura 12.2

5. FRICCIÓN Y LUBRICANTES

5.1. FACTOR DE FRICCIÓN

La fuerza de fricción es la principal responsable de mantener la fuerza de apriete de un bulón. Imaginando el hilo de una rosca “desenrollado” podemos representarlo por un plano inclinado. Al aplicarse un torque de apriete, el efecto producido es semejante al de empujar un cuerpo sobre un plano inclinado, sujeto a las fuerzas mostradas en la Figura 12.3.

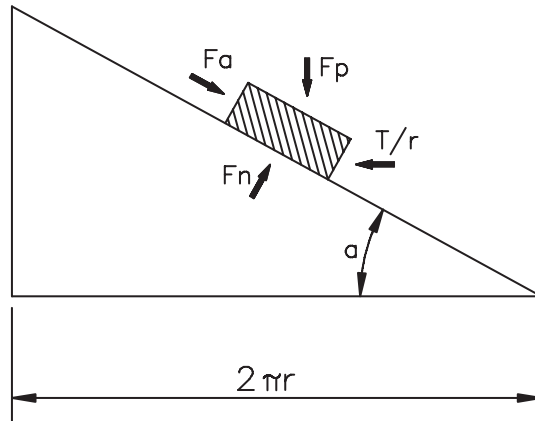


Figura 12.3

Dónde:

a = ángulo de inclinación de la rosca.

d = diámetro del bulón.

r = radio del bulón.

F_p = fuerza del apriete del bulón.

F_a = fuerza de fricción.

F_n = fuerza normal a la rosca.

k = factor de apriete en la rosca

T = torque aplicado al bulón.

u = coeficiente de fricción.

La fuerza de fricción es

$$F_a = uF_n = uF_p \cos a \quad (\text{ecuación 12.1})$$

Haciendo el equilibrio de fuerzas actuantes en el sentido paralelo al plano inclinado, tenemos:

$$(T/r) \cos a = F_a + F_p \sin a = uF_n + F_p \sin a \quad (\text{ecuación 12.2})$$

En el sentido perpendicular al plano inclinado, tenemos:

$$F_n = F_p \cos a + (T/r) \sin a \quad (\text{ecuación 12.3})$$

Siendo el ángulo de la rosca muy pequeño, para facilitar el cálculo depreciaremos el termino $(T/r) \sin a$ en la ecuación 12.3 Sustituyendo el valor de F_n en la ecuación 12.2, tenemos:

$$(T/r) \cos a = uF_p \cos a + F_p \sin a \quad (\text{ecuación 12.4})$$

Calculando el valor de T, tenemos:

$$T = F_p r (u + tg a) \quad (\text{ecuación 12.5})$$

Como el coeficiente de fricción es constante para una determinada condición de lubricación, y tg a también es constante para cada rosca, sustituyendo r por d, tenemos:

$$T = k F_p d \quad (\text{ecuación 12.6})$$

Donde k es un factor determinado experimentalmente.

5.2. VALOR DEL FACTOR DE APRIETE k

El factor de tuerca, k, se determina experimentalmente de acuerdo con la combinación de materiales de perno / tuerca y el lubricante que se utilizará para la aplicación específica. Los experimentos han demostrado que el factor k es aproximadamente igual al coeficiente de fricción del lubricante más 0.04. Para aplicaciones industriales con pernos de acero ASTM SA-193, k varía de 0.16 a 0.23.

Dado que una pequeña variación en el factor de la tuerca, k, da como resultado un gran cambio en la carga del perno. Muchos estudios con respecto al uso de una fórmula completa como se muestra en el Apéndice J del PCC-1 o una fórmula simplificada como se muestra en el Apéndice K del PCC-1, se han presentado la precisión que se puede lograr con herramientas de torsión, así como el valor del factor de tuerca en las conferencias ASME PVP [68 a 74]. Debido a las grandes variaciones en el coeficiente de fricción y la precisión de la herramienta de torsión, generalmente se reconoce que el uso de la fórmula completa no mejora la precisión de la fuerza real del perno. En aplicaciones críticas se recomienda determinar el factor de tuerca más aproximado, k, con pruebas con el mismo lubricante, pernos y tuercas que se instalarán.

6. HIERRAMIENTAS PARA LA APLICACIÓN DEL APRIETE

El método más correcto para obtener las tensiones en los bulones, es midiendo su elongación. En la práctica, este procedimiento es costoso y de difícil ejecución. La tendencia actual es usar llaves de torque, dispositivos de tensionamiento o herramientas hidráulicas. El apriete usando herramientas manuales, sin control del torque aplicado, sólo debe ser usado en los casos de poca responsabilidad.

La elección de la herramienta y aplicación depende de varias condiciones, puesto que cada herramienta presenta ventajas y desventajas, que deben ser analizadas según las situaciones particulares de cada caso.

Entre las diversas alternativas para la aplicación de apriete de forma controlada, las más comunes son:

- **Torquímetro manual con visor analógico o digital:** usados para bulones de pequeño diámetro. Debido a su facilidad de manejo y precisión es muy práctico y rápido.
- **Torquímetro hidráulico:** es, sin duda, la forma más usada para bulones y aprietes mayores.

El equipo exige un operador entrenado para su manipulación. El uso de esta herramienta es más lenta que las de torque manual. La Figura 12.4 muestra un torquímetro neumático fabricado por Hytorc Corp.

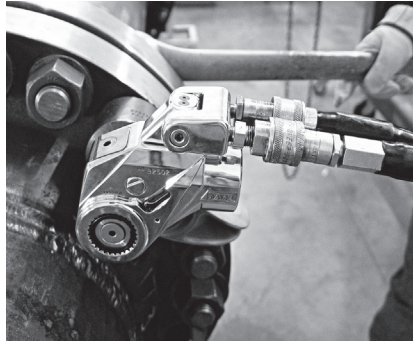


Figura 12.4

- **Torquímetros neumáticos:** recién desarrollados, son más rápidos que los torquímetros hidráulicos. Los torquímetros neumáticos no se deben confundir con el destornillador neumático, que no posee la precisión necesaria para la aplicación del apriete en juntas. La Figura 12.5 muestra un torquímetro neumático fabricado por Hytorc Corp.

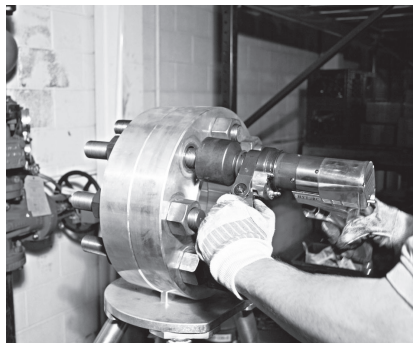


Figura 12.5

- **Tensionador hidráulico:** equipo que permite la aplicación del apriete tensionando sin girar la tuerca, eliminando, de esta forma, la inseguridad que provoca la fricción. El bulón o espárrago se estira y la tuerca es apretada sin esfuerzo. Sin embargo, cuando los pernos se usan en pares, o uno de cada vez, la interacción elástica reduce la precisión del apriete aplicado. Para su uso debe haber una preparación especial de los pernos o bulones. Su operación es más lenta y compleja que los torquímetros. La Figura 12.6 muestra un tensionador hidráulico.

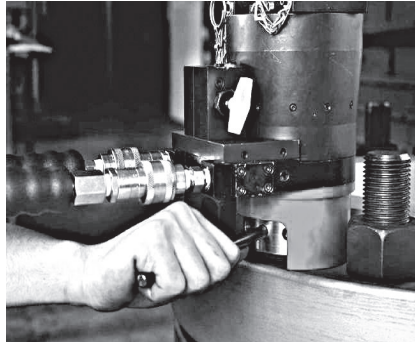


Figura 12.6

Los torquímetros y tensionadores hidráulicos pueden ser usados cuando es necesario el apriete simultáneo de varios o, incluso, de todos los bulones, también conocido como “cierre en paralelo”. Se instalan varias herramientas con la alimentación hidráulica simultánea, de modo que la bomba, al ser accionada, alimenta todas las herramientas con la misma presión, aplicando, así, el mismo apriete en los pernos donde están instaladas. Se deben aplicar como mínimo dos herramientas, según se observa en la Figura 12.7.

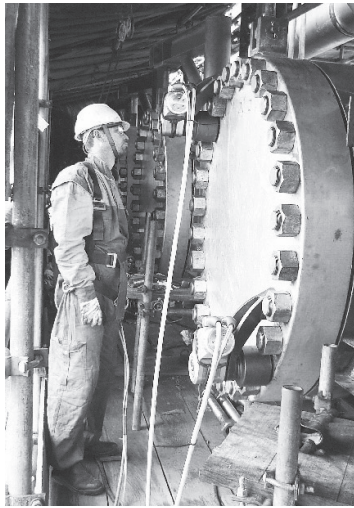


Figura 12.7

La Figura 12.8 muestra el uso simultáneo de cuatro herramientas hidráulicas Hytorc Corp. La numeración de los bulones en la brida de 24 pernos muestra que se necesitan solo 6 pases para cada vuelta completa en la brida. Cuando se usa esta técnica, hay una gran reducción en el tiempo de instalación. Además de esta ventaja, el apriete en paralelo de la brida evita pandeos y el aplastamiento irregular de la junta.

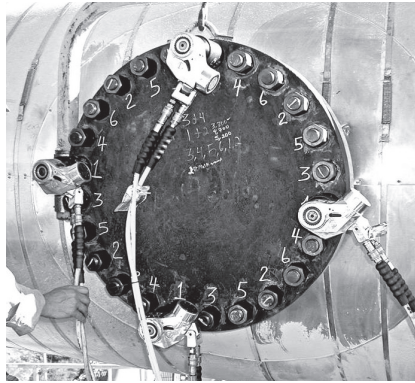


Figura 12.8

7. CÁLCULO DEL TORQUE DE AJUSTE DE LOS PERNOS

Para calcular el torque de instalación de la junta primero debemos determinar los valores de las fuerzas de apriete, según se mostró anteriormente. Considerando el ejemplo de la Sección 9 del Capítulo 2, tenemos:

-Tensión de instalación de pernos: $Sb_{sel} = 63\ 450\ \text{psi}$

-Diámetro de los pernos $1\ \frac{1}{8}$ pulgadas

En la tabla 12.1 determinamos el área de raíz del bulón:

$$A_b = 0.7276\ \text{pol}^2$$

La Fuerza del apriete del bulón es:

$$F_p = A_b \times Sb_{sel} = 0.7276 \times 63\ 450$$

$$F_p = 46\ 166\ \text{lb} = 20\ 940\ \text{kgf}$$

El valor de F_p arriba es utilizado para ajustar la fuerza cuando el apriete fuera por tensionador hidráulico o para calcular el torque.

Por la ecuación 12.5 tenemos:

$$T = k F_p d$$

Donde

T = torque aplicado

k = factor de apriete

F_p = fuerza en el bulón

d = diámetro del bulón

Considerando el valor $k = 0.20$ y el diámetro de los espárragos del ejemplo de la Sección 9 del

Capítulo 2, tenemos:

$$T = 0.2 \times 20\,940 \times (1.125 \times 0.0254)$$
$$T = 120 \text{ kgf-m}$$

Éste es el valor para ajustar en el torquímetro.

Para bridas normalizadas recomienda el uso de tablas conforme mostrado en los Anexos 12.1 a 12.4. No es recomendable usar fórmulas del Capítulo 2 para estas bridas.

8. PLANICIDAD Y DEFECTOS DE SUPERFICIE DE SELLADO ENTRE BRIDAS

La tolerancia de la superficie plana de sellado depende de la capacidad de la junta de absorber las irregularidades. El PCC-1 dividió las juntas en dos grupos:

- **Juntas Suaves (Soft):**
Son aquellas con mayor capacidad de moldarse a la superficie de la brida. Es decir, son juntas con mayor capacidad para compensar las imperfecciones de las bridas.
Productos: Juntas Espirales Metalflex® y Juntas cortadas de Graflex®, Tealon, Quimflex®, Láminas Comprimidadas o Juntas no Metálicas con espesor mayor que 1,6 mm.
- **Juntas Rígidas (Hard):**
Son aquellas con menor capacidad de moldearse a la superficie de la brida. Es decir, son juntas con menor capacidad para compensar las imperfecciones de las bridas.
Productos: Camprofile®, Metalbest® 923 e 927, Ring Joints y Láminas Comprimidadas o Juntas no Metálicas con espesor menor que 1,6 mm.

8.1 PLANICIDAD

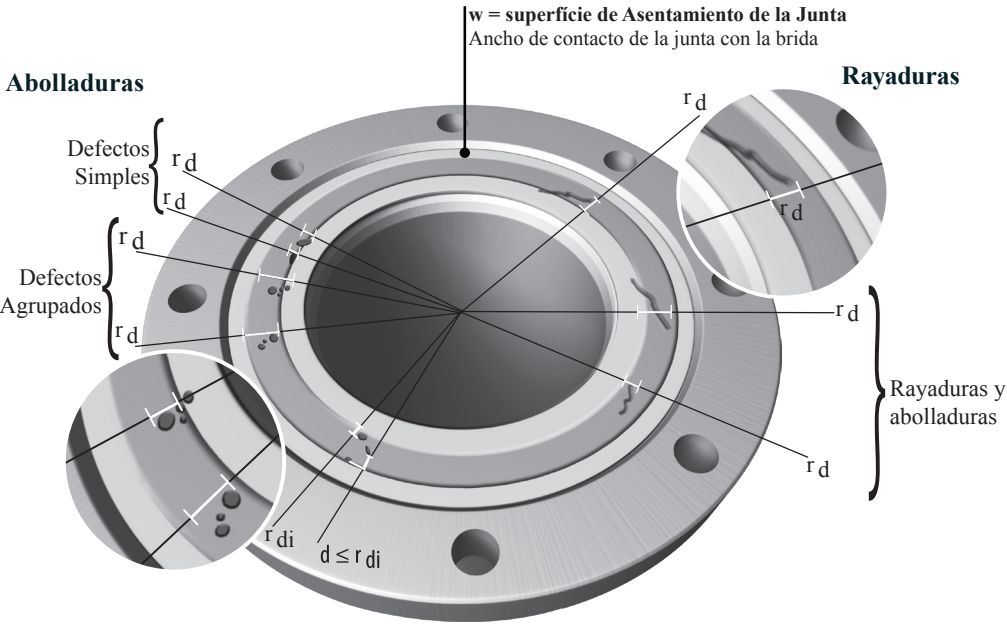
La tolerancia de planicidad establecida por el PCC-1 está recomendada en la Tabla 12.3

Tabla 12.3

Tolerancia de Planicidad en la Superficie de Instalación de la Brida - T		
Medida	Junta Rígida	Junta Suave
Variación circunferencial aceptable en la superficie de asentamiento de la brida.	T < 0.15mm	T < 0.25mm
Variación radial aceptable en la superficie de asentamiento de la brida.	T < 0.15mm	T < 0.25mm

8.2 PROFUNDIDAD DE DEFECTOS ADMISIBLES EN LA SUPERFICIE DE SELLADO DE LA BRIDA

Los defectos admisibles en la superficie de sellado de la brida están demostrados en la figura 12.9.



d = medición entre los defectos.
 r_d = distancia radial proyectada a lo largo de la superficie de asentamiento.

Figura 12.9

Tabla 12.4

Ancho de la Superficie de Sellado x Profundidad de Defectos Admisibles		
Medida	Junta Rígida	Junta Suave
$rd < w/4$	$< 0.76 \text{ mm}$	$< 1.27 \text{ mm}$
$w/4 < rd < w/2$	$< 0.25 \text{ mm}$	$< 0.76 \text{ mm}$
$w/2 < rd < 3w/4$	no permitido	$< 0.13 \text{ mm}$
$rd > 3w/4$	no permitido	no permitido

8.2 ALINEACIÓN DE LAS BRIDAS

Las bridas deben estar alineadas según lo demostrado en las figuras 12.11 a 12.14.

- **Centralización**

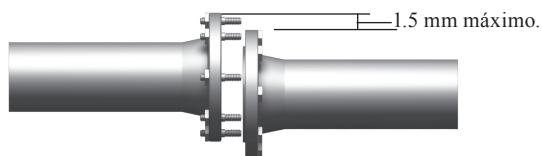


Figura 12.10

- **Paralelismo**

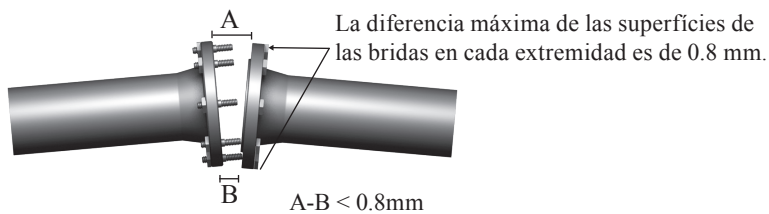


Figura 12.11

- **Distancia entre las bridas**

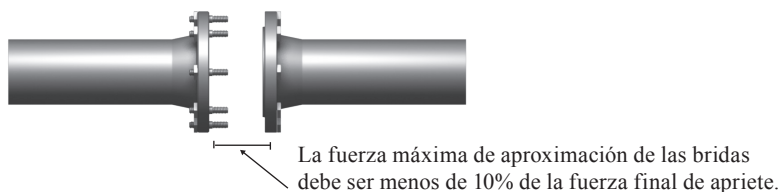


Figura 12.12

- **Alineamiento de los orificios**

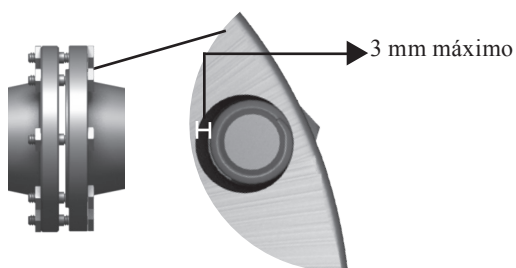


Figura 12.13

Las bridas deben tener los orificios alineados circunferencialmente de forma que los bulones puedan ser colocados. El desalineado circunferencial máximo permitido es de 3 mm.

9. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

9.1 INSTALACIÓN DE JUNTAS

1. Asegurarse de que la junta es del tamaño y material especificado para la aplicación y compatible con el acabado superficial de la brida.
2. Examinar la junta para certificarse que sea nueva y libre de defectos.
3. Colocar cuidadosamente la junta entre las bridas.
4. Certificarse que la junta esté centralizada entre las bridas.
5. No utilizar pegamento u otros agentes de sellado en la junta o en la superficie de las bridas, que no sean los especificados por TEADIT. Si es extremadamente necesario, recomendamos el uso del espray adhesivo 3M Súper 77. Para juntas “No Metálicas”, esa aplicación deberá ser hecha solamente en uno de los lados de la junta y utilizando el mínimo de adhesivo posible.
6. Aproximar las bridas, asegurándose de que la junta no sea mordida o dañada.

9.2 LUBRICACION

1. Utilizar un lubricante compatible con la aplicación y de factor de apriete (k) conocido. Este factor debe ser usado en el cálculo del apriete conforme a la Sección 7 de este capítulo.
2. Aplicar lubricante en abundancia uniformemente en la rosca y en las superficies de apriete de los bulones, tuercas y arandelas.
3. Asegurarse de que el lubricante no contamine la junta o la superficie de contacto de la brida.
4. Existen aplicaciones especiales que debido al proceso no es posible el uso del lubricante. Para estos casos el factor de apriete (k) debe ser determinado en pruebas con bulones y tuercas del mismo material y dimensión de la aplicación.

9.3 NUMERACION E INSTALACION DE LOS PERNOS

Para facilitar la instalación y evitar errores, se recomienda la numeración de bulones siguiendo la secuencia de apriete. El apriete en secuencia cruzada también llamado de apriete en Estrella o Clásico es el método más conocido y aplicado de instalación de juntas. En el Anexo 12.5 se muestra ejemplo de este método para 24 pernos usando una herramienta de aplicación de torque. En el Anexo 12.6 el mismo ejemplo con apriete simultáneo usando dos herramientas.

El método clásico, a pesar de ofrecer buenos resultados, requiere un gran esfuerzo y tiempo en las bridas de grandes dimensiones. Diversos estudios han sido realizados para mejorar la eficiencia de la instalación sin perjudicar la calidad del apriete.

El estudio más completo fue realizado en Japón y que se tornó en la norma Bolt Tightening Guidelines for Pressure Boundary Flanged Joint Assembly, JSA JIS B2251, 2008 [45].

Teadit ha empleado con éxito este método que en PCC-1 se llama Alternative Assembly Pattern 3. En este Sistema son usados 4 u 8 pernos para realizar el apriete inicial reduciendo considerablemente tiempo de instalación sin disminución de la calidad.

Los Anexos de 12.7 y 12.8 muestran ejemplos de este método con una y dos herramientas. En las bridas con menos de 12 pernos debe ser usado el método Clásico. El PCC-1 también sugiere otros métodos y metodología para desarrollo de secuencias de apriete más adecuadas para situaciones específicas.

1. Numerar los pernos u orificios de las bridas con “marcador” siguiendo la secuencia del método de apriete elegido.
2. Instalar cada uno de los pernos o bulones con sus respectivas tuercas y arandelas, y con la mano apriete las tuercas en secuencia cruzada. En caso de no lograr obtener el paralelismo entre las superficies de las bridas, se puede utilizar una herramienta manual para el apriete, hasta que todo alrededor de la junta se apoye levemente en la superficie de la brida. Todos los pernos deben sobrepasar obligatoriamente las tuercas al menos en dos vueltas de rosca.

Importante: La fuerza máxima para esta operación no debe exceder 10% el apriete final.

Observación: Las arandelas deben ser templadas para reducir la fricción con las tuercas durante el apriete. La dureza de las arandelas debe estar ente 38 y 45 HRC.

3. Aplicar el torque o tensionamiento de acuerdo con la secuencia del método elegido.
4. Regular la herramienta para obtención del torque correspondiente deseado en cada paso de apriete.
5. Siempre apretar las tuercas en múltiples pasos:

Importante: Luego de cada paso, medir en 4 puntos diagonales la distancia entre las caras de bridas de modo a garantizar que estén siempre paralelas.

10. REAPRIETE EN LA PARTIDA

Se recomienda el reapriete en la partida del sistema para evitar pérdidas en operación con juntas problemáticas, especialmente en intercambiadores de calor que operan con ciclo térmico. El ASME PCC-1 [6] sugiere un procedimiento para efectuar el reapriete en la partida cuando la temperatura de las bridas o pernos esté entre 150°C y 230°C o dentro de las 24hs de la partida de la unidad cuando la temperatura de proceso sea menor que 150°C.

El reapriete en la partida no es el mismo que el reapriete en caliente o el reapriete en operación, descritos en el ASME PCC-2 Repair of Pressure Equipment and Piping [47].

11. DISPERSION DEL APRIETE

Al apretar un perno aisladamente, los demás que están alrededor tienen reducido su apriete. A esto se llama dispersión del apriete (“bolt scatter” en inglés). En la Figura 12.14 podemos ver que, al apretar el bulón B, las fuerzas actuantes de sus vecinos A y C se reducen, siendo necesario reapretarlos.

Para disminuir la dispersión es necesario que el 5º paso del procedimiento de instalación se ejecute. Muchos instaladores, en la prisa para terminar el trabajo, se detienen en el 4º paso, quedando varios pernos con un apriete insuficiente para proporcionar un sellado satisfactorio.

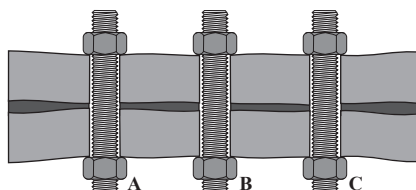


Figura 12.14

12. CAUSAS DE PÉRDIDAS

Una de las formas más eficaces para determinar las causas de una fuga es un cuidadoso análisis de la junta que estaba instalada. A continuación, se presentan algunos ejemplos de fallas de aplicaciones en campo y sus causas.

12.1. APRIETE INSUFICIENTE

El apriete insuficiente para aplastar la junta es una de las mayores causas de pérdidas o falla catastrófica de una junta. Las Figuras 12.16 y 12.17 son típicas de un apriete insuficiente. Las causas pueden ser: un torque aplicado sin control, falta de lubricación o el uso de pernos inadecuados.



Figura 12.15



Figura 12.16

El ejemplo en la Figura 12.18 ilustra un problema frecuente, en el diseño de la tubería o del equipo, no se proporciona suficiente espacio para la entrada de la herramienta para la junta se apriete correctamente. En este caso, ocurrido durante la prueba hidrostática de una junta de expansión, no fue posible apretar correctamente las turcas en la región de la bisagra, causando el “blow-out” del recubrimiento Graflex de una junta tipo 927.



Figura 12.17

12.2. APRIETE EXCESIVO

El apriete excesivo también puede ser una gran fuente de pérdidas. Las bridas de diámetro pequeño y de alta presión pueden ejercer elevadas fuerzas de aplastamiento cuando se instalan sin control. La Figura 12.18 muestra una junta con un apriete excesivo.

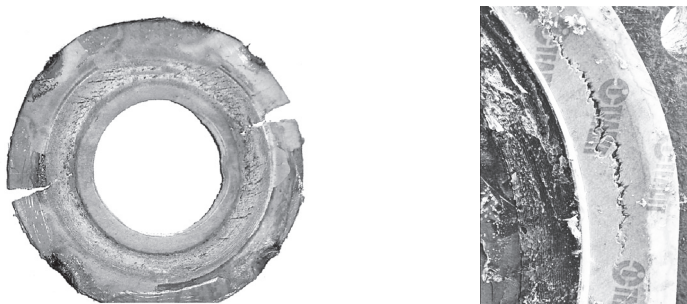


Figura 12.18

12.3. ATAQUE QUÍMICO

El material de la junta debe ser químicamente compatible con el fluido a sellar. La Figura 12.19 muestra una junta que fue deteriorada por el ataque químico del fluido.



Figura 12.19

12.4. OXIDACIÓN DEL GRAFITO FLEXIBLE

El Grafito Flexible (Graflex®) puede sufrir oxidación en contacto con cualquier medio que contenga oxígeno, incluso con el aire. La Figura 12.20 muestra una junta Metalflex, cuyo relleno de Graflex sufrió una total oxidación restando sólo las espiras de acero inoxidable. Para evitar este problema se pueden usar inhibidores de oxidación (Graflex® HT) o de alguna forma impedir el contacto del grafito con el oxígeno.



Figura 12.20

12.5. DESCENTRALIZACIÓN

Es necesario tener cuidado al instalar la junta centralizada en la brida, especialmente las no metálicas. La Figura 12.21 muestra un pedazo de una junta que sufrió una falla catastrófica por un error de instalación. Se puede observar claramente que las ranuras de la brida no están concéntricas con la junta.



Figura 12.21

12.6. ACABADO INADECUADO

De acuerdo con lo mostrado en el Capítulo 2, existe un acabado adecuado para cada tipo de junta. Figura 12.22 muestra una junta que falló en una línea de vapor. Puede observarse claramente que la brida tenía tres resaltes y no ranuras con la rugosidad entre 125 μ plg e 250 μ plg.



Figura 12.22

La figura 12.23 muestra el daño causado al revestimiento orgánico de un intercambiador de calor. En este caso, se usó una junta de camisa metálica doble (tipo 923), cuya tensión de aplastamiento es mayor que la del recubrimiento, la cual termino dañándolo.

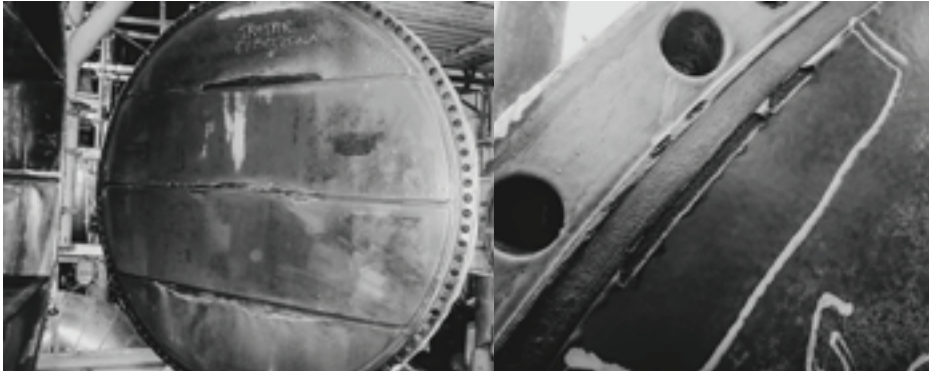


Figura 12.23

12.7. USO DE AGENTES DE FIJACIÓN

El uso de agentes de fijación puede interferir en el aplastamiento correcto de la junta.

La Figura 12.24 muestra juntas de Lámina Comprimida aplastadas con y sin agentes de fijación.

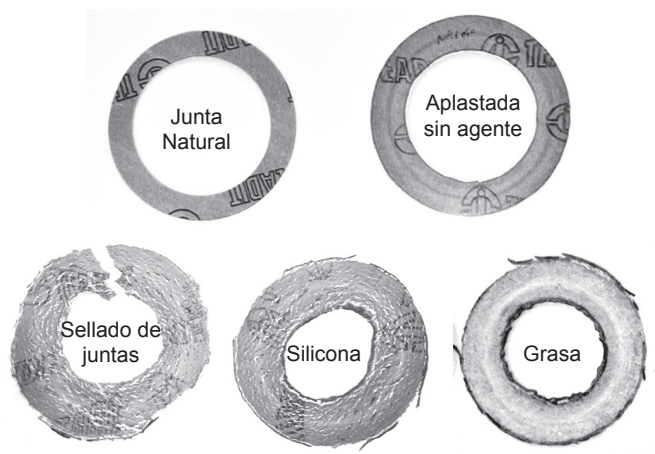


Figura 12.24

La figura 12.25 muestra el uso de cinta adhesiva para fijar la junta. Como se puede ver, hay una clara discontinuidad en la superficie de sellado de la junta.

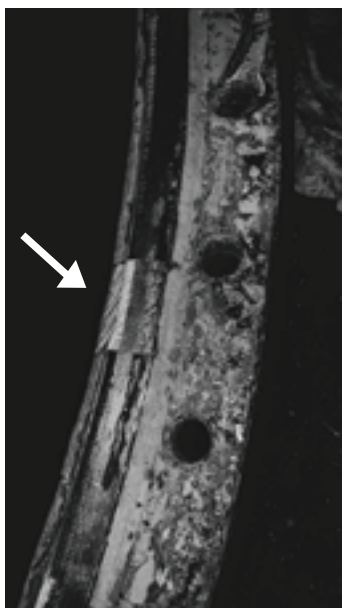


Figura 12.25

12.8. TAMAÑO DE LA BRIDA Y BULONES O PERNOS

La figura 12.26 ilustra el diámetro sobredimensionado de los pernos, que, incluso

con un apriete muy bajo, ya estaba por encima del máximo permitido por la junta, lo que generó un daño en esta. La solución fue cambiar la junta a Camprofile, que tiene un límite de apriete más alto.



Figura 12.26

La figura 12.27 muestra una falla causada por el dimensionamiento incorrecto de una de las bridas, causando su rotación. En la foto de la izquierda es posible observar que la brida inferior tiene un espesor reducido en comparación con la superior. La foto de la derecha muestra que la región cercana al diámetro interno no muestra signos de aplastamiento, el cual se concentra en el lado externo debido a la rotación de la brida.



Figura 12.27

12.9. PANDEO DE JUNTAS ESPIRALES

Las juntas espirales Metalflex pueden pandear con el apriete excesivo o en bridas de altas presiones. En estos casos, se recomienda el uso de un anillo interno. La Figura 12.28 muestra el aspecto típico de una junta pandeada.



Figura 12.28

12.10. FALTA DE BULÓN

Un problema bastante frecuente es el montaje con menos bulones de lo especificado para la brida. La Figura 12.29 muestra la brida y su junta después de un accidente donde hubo ruptura de la junta e incendio en las instalaciones.

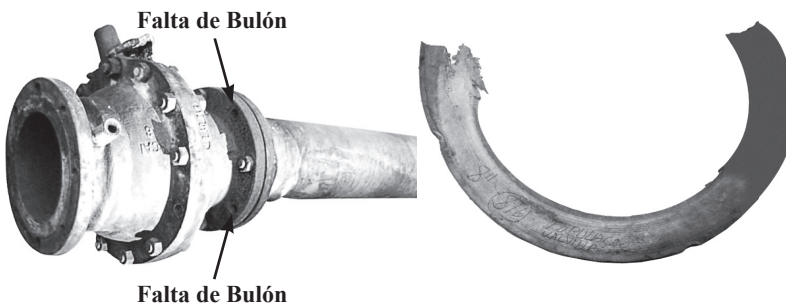


Figura 12.29

12.11. TORNILLOS DEFECTUOSOS O LONGITUD INSUFICIENTE

La figura 12.30 muestra un ejemplo de descuido en la instalación, dos tornillos tienen una longitud insuficiente y se han cortado en diagonal.

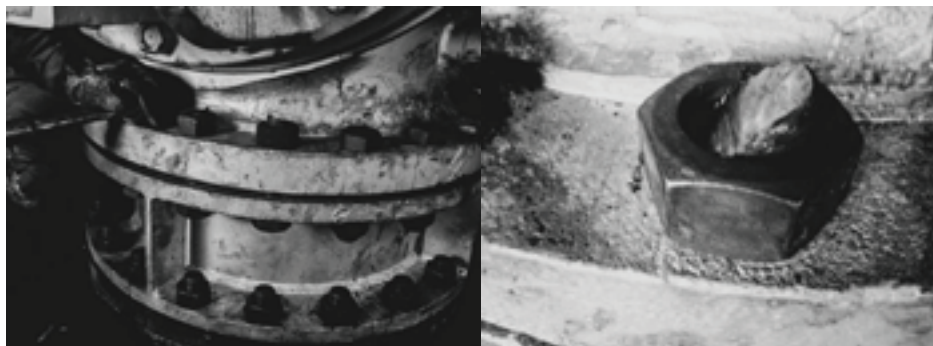


Figura 12.30

12.12. CAUSAS MÚLTIPLES

Las distintas causas presentadas anteriormente pueden estar combinadas, como se observa en la Figura 12.31. En este caso, el de una línea de vapor, la junta está instalada descentrada, los pernos son diferentes, uno de ellos de una longitud insuficiente, e instalados sin lubricación.

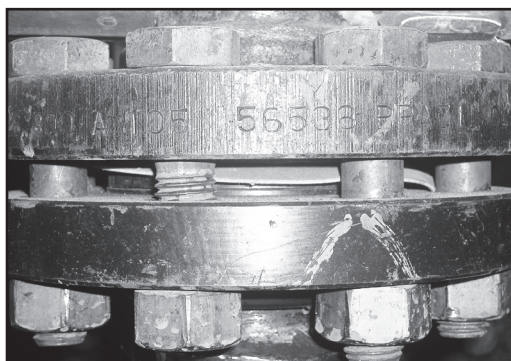


Figura 12.31

13. CARGA CONSTANTE

Inmediatamente después de la instalación de una junta se inicia el llamado relajamiento de la unión bridada, que se caracteriza por la pérdida de parte de la fuerza de ajuste aplicada en su montaje.

Este relajamiento es un fenómeno natural causado por diversos factores:

- **Relajamiento de la junta:** las juntas son proyectadas para que, al esparcirse, rellene las irregularidades de la superficie de sellado. A medida que esta deformación plástica ocurre, las bridas se aproximan, reduciendo la tensión en los pernos. El valor de esta reducción de tensión depende del tipo de material y de la temperatura de operación.
- **Relajamiento en la rosca:** cuando los pernos y tuercas son ajustados hay un contacto entre sus partes. Analizando microscópicamente, verificamos que el contacto entre las superficies ocurre en algunos puntos. Como estos puntos quedan con elevadas tensiones se produce, con el tiempo, un esparcimiento del material, reduciendo la tensión. Estudios muestran que cuando el sistema se estabiliza hay una reducción de 5% a 10% de la tensión inicial.
- **Relajamiento por temperatura:** bulones usados a temperaturas elevadas tienden a relajarse con el tiempo. El valor de este relajamiento depende del material, temperatura y tiempo de exposición.
- **Vibración:** bajo vibración severa, los pernos tienden a relajarse pudiendo ocurrir hasta la pérdida total del ajuste.
- **Apriete no simultáneo:** normalmente los bulones son apretados en etapas, usando una secuencia cruzada. De esta forma, cuando se aprieta un bulón los vecinos pierden un poco de tensión. Si el apriete es simultáneo, este fenómeno se minimiza.
- **Expansión térmica:** con el cambio de la temperatura ambiente para la de operación, se producen dilataciones en el conjunto. Como la junta y la brida están en contacto con el fluido y los pernos están más distantes se producen desniveles de temperatura y de dilatación. Lo mismo ocurre cuando el sistema está parado. Estas expansiones y contracciones térmicas provocan el relajamiento del conjunto.
- **Ciclo térmico:** cuando el sistema opera con variaciones de temperatura, o se para con frecuencia, aumenta el relajamiento provocado por las dilataciones y contracciones térmicas.

Para compensar la pérdida de ajuste por relajamiento se debe aumentar la elasticidad del sistema. Se puede hacer este aumento con la instalación de bulones de mayor longitud o por la instalación de conjuntos de resortes platos. Estos métodos se muestran en la Figura 12.32.

El uso de bulones y camisas es de uso bastante restringido pues se necesita mucho espacio para que sus efectos sean efectivos.

El sistema más empleado es el de resortes plato, que es conocido como Carga Constante o Carga Viva (Live Loading).

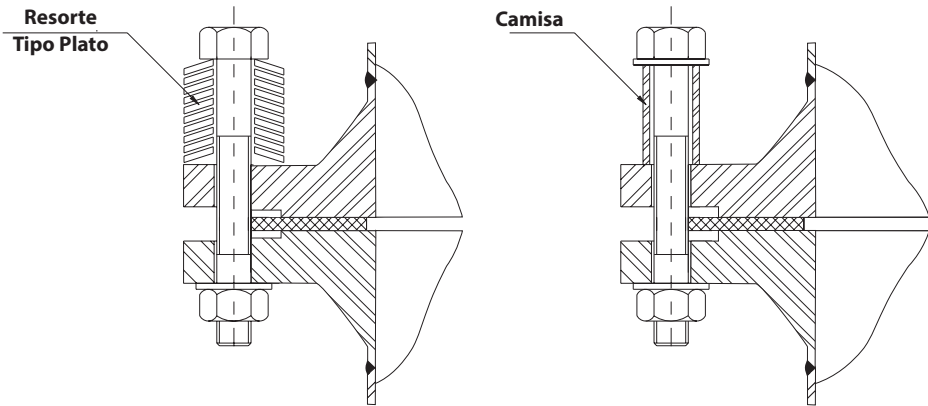


Figura 12.32

13.1. SISTEMA TEADIT LIVE LOADING (CARGA VIVA)

Para compensar los efectos del relajamiento, Teadit desarrolló el Sistema de Mantenimiento de Ajuste Teadit (LIVE LOADING), que está compuesto por resortes platillo (carga viva), proyectados especialmente para el uso en bridas, según la Figura 12.33.

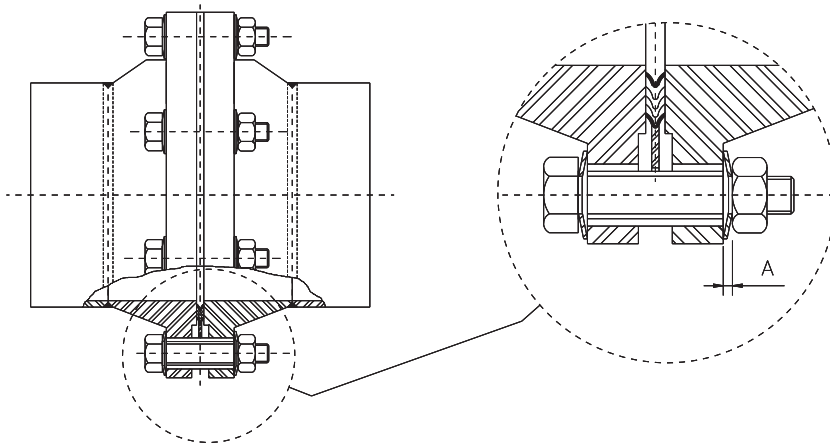


Figura 12.33

Antes de decidirse por el uso del LIVE LOADING es necesario estudiar la aplicación y verificar si existe la necesidad. No debe ser empleado de forma indiscriminada, porque aumenta el costo de instalación.

El LIVE LOADING no corrige problemas de sellado, pero, manteniendo la fuerza de apriete, se reducen significativamente los problemas de pérdidas en situaciones críticas.

El LIVE LOADING es recomendado en las siguientes situaciones:

- Fluidos cuya pérdida pueda causar serios daños al medio ambiente o riesgo de vida.
- Líneas con grandes fluctuaciones de temperatura o ciclo térmico.
- Cuando el cálculo entre la longitud y el diámetro de los pernos es menor que tres.
- Junta sujeta a vibraciones.
- Cuando el material de la junta o de los pernos presenta relajamiento elevado.
- Cuando existe un historial de pérdidas en la brida.

El LIVE LOADING para bridas estándar está disponible en tres valores de tensión en los pernos, según se muestra en la tabla del Anexo 12.9. Cuando el sistema es apretado con un valor de torque controlado, el bulón queda con 414 MPa (60 000 psi), 310 MPa (45 000 psi) o 207 MPa (30 000 psi), dependiendo del sistema elegido. El valor de la fuerza ejercida por el conjunto bulón/resorte al llegar al torque, también está recomendado en la tabla del Anexo 12.9.

Los resortes del sistema LIVE LOADING estándar, son fabricados en acero ASTM A681 tipo H13, acabado: levemente engrasado recomendado para uso con pernos de acero al Carbono. El rango de temperatura de operación es de ambiente hasta 590°C.

Para aplicaciones en ambientes corrosivos pueden ser suministrados también en acero inoxidable ASTM A693 tipo 17-P7 para temperaturas de -240°C a 290°C. También pueden ser fabricadas en Inconel 718 (ASTM B637) para temperaturas de - 240°C a 590°C. Estos materiales son disponibles bajo consulta.

El montaje en las bridas debe ser el recomendado en la Figura 12.27, con un resorte de cada lado de la brida. Al montar, observar rigurosamente la posición del resorte, la superficie más elevada debe quedar para el lado de la tuerca o de la cabeza del bulón. Si el montaje no es como se muestra, el valor de la fuerza ejercida por el resorte no será el recomendado. Al llegar al torque recomendado, el resorte debe estar plano. Importante: los valores de torque son válidos para pernos nuevos y bien lubricados.

Para bridas de equipos, tales como intercambiadores de calor, que trabajan con ciclo térmico, temperaturas elevadas y fluidos peligrosos, puede ser necesaria la instalación de más de dos resortes por bulón. En este caso, Teadit debe ser consultada, para calcular el número de resortes, lo que dependerá de las condiciones específicas de cada caso.

Anexo 12.1**Tablas de Torque para Instalación de Juntas en Bridas ASME B16-5
Láminas Comprimidas⁽¹⁾, Tealon, Quimflex® SH, Juntas Metalflex® 913 y 913M****Clase 150 psi**

Diámetro Nominal		Torque recomendado	
Brida	Perno	Kgf.m	Lb.ft
1/2"	1/2"	4	30
3/4"	1/2"	6	30
1"	1/2"	7	50
1 1/4"	1/2"	8	60
1 1/2"	1/2"	8	60
2"	5/8"	17	120
2 1/2"	5/8"	17	120
3"	5/8"	17	120
3 1/2"	5/8"	17	120
4"	5/8"	17	120
5"	3/4"	28	200
6"	3/4"	28	200
8"	3/4"	28	200
10"	7/8"	45	320
12"	7/8"	45	320
14"	1"	70	500
16"	1"	70	500
18"	1 1/8"	100	710
20"	1 1/8"	100	710
24"	1 1/4"	140	1000

Anexo 12.2
Tablas de Torque para Instalación de Juntas en Bridas ASME B16-5
Láminas Comprimidas⁽¹⁾, Tealon, Quimflex® SH, Juntas Metalflex® 913 e 913M

Clase 300 psi

Diámetro Nominal		Torque recomendado	
Brida	Perno	Kgf.m	Lb.ft
1/2"	1/2"	4	30
3/4"	5/8"	6	40
1"	5/8"	10	70
1 1/4"	5/8"	14	100
1 1/2"	3/4"	21	150
2"	5/8"	15	105
2 1/2"	3/4"	20	140
3"	3/4"	24	175
3 1/2"	3/4"	28	200
4"	3/4"	28	200
5"	3/4"	28	200
6"	3/4"	28	200
8"	7/8"	45	320
10"	1"	70	500
12"	1 1/8"	100	710
14"	1 1/8"	85	620
16"	1 1/4"	120	875
18"	1 1/4"	140	1000
20"	1 1/4"	140	1000
24"	1 1/2"	195	1400

1 - Láminas Comprimidas:
U60NA, NA1002, NA1006, 1082SAN, NA1060, NA1085, NA1100.

Anexo 12.3

Tablas de Torque para Instalación de Juntas en Bridas ASME B16-5
Juntas Metalflex® 913 y 913M

Clase 400 psi

Diámetro Nominal		Torque recomendado	
Brida	Perno	Kgf.m	Lb.ft
1/2"		Usar Brida Clase 600	
3/4"			
1"			
1 1/4"			
1 1/2"			
2"			
2 1/2"			
3"			
4"	7/8"	45	320
5"	7/8"	45	320
6"	7/8"	45	320
8"	1"	70	500
10"	1 1/8"	85	620
12"	1 1/4"	120	875
14"	1 1/4"	120	875
16"	1 3/8"	165	1200
18"	1 3/8"	165	1200
20"	1 1/2"	195	1400
24"	1 3/4"	360	2600

Anexo 12.4
Tablas de Torque para Instalación de Juntas en Bridas ASME B16-5
Juntas Metalflex® 913 e 913M

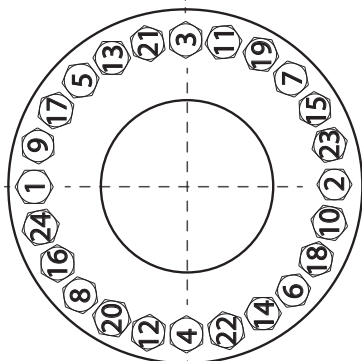
Clase 600 psi

Diámetro Nominal		Torque recomendado	
Brida	Perno	Kgf.m	Lb.ft
1/2"	1/2"	4	30
3/4"	5/8"	8	55
1"	5/8"	12	85
1 1/4"	5/8"	12	85
1 1/2"	3/4"	22	160
2"	5/8"	12	85
2 1/2"	3/4"	17	120
3"	3/4"	25	180
4"	7/8"	41	300
5"	1"	62	450
6"	1"	62	450
8"	1 1/8"	85	620
10"	1 1/4"	120	875
12"	1 1/4"	120	875
14"	1 3/8"	165	1190
16"	1 1/2"	195	1400
18"	1 5/8"	260	1900
20"	1 5/8"	260	1900
24"	1 7/8"	480	3500

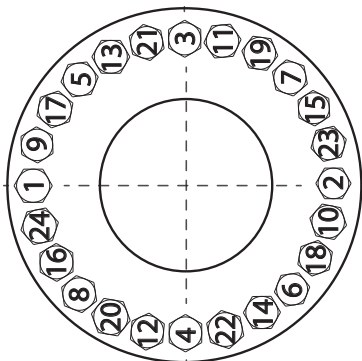
Anexo 12.5

Ejemplo de brida de 24 tornillos: Secuencia de Apriete Método Clásico con 1 Herramienta

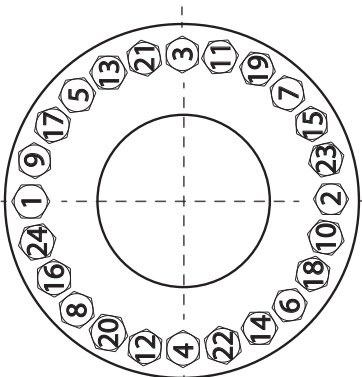
Paso 1: 30%



Paso 2: 70%



Paso 3: 100%



1. Numerar los pernos u orificios de las bridas con “marcador” siguiendo la secuencia de la figura

2. Instalar cada uno de los pernos o bulones con sus respectivas tuercas y arandelas, y con la mano apriete las tuercas en secuencia cruzada. En caso de no lograr obtener el paralelismo entre las caras de las bridas, se puede utilizar una herramienta manual para el apriete, hasta que todo alrededor de la junta se apoye levemente en la cara de la brida. Todos los pernos deben trapassar obligatoriamente las tuercas en al menos dos vueltas de rosca.

Importante: La fuerza máxima para esta operación no debe exceder 10% el apriete final.

3. Primer Paso: apriete cada tuercas hasta aproximadamente 30% del torque final especificado, siguiendo la secuencia de la numeración. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.

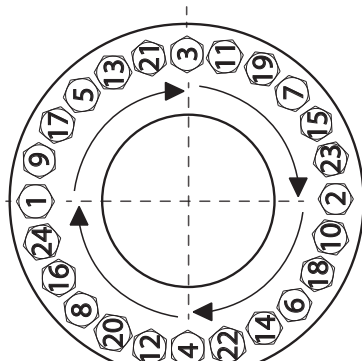
4. Segundo Paso: apriete cada tuercas hasta aproximadamente 70% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.

5. Tercer Paso: apriete cada tuercas hasta aproximadamente 100% del torque final.

6. Cuarto Paso: aplique el torque final en todas las tuercas en el sentido hacia la derecha. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.

7. Quinto Paso: Repita el 4º paso hasta que no haya más rotación de las tuercas.

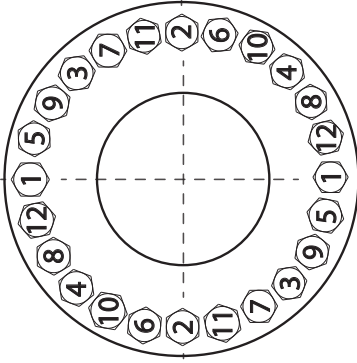
Paso 4: 100%



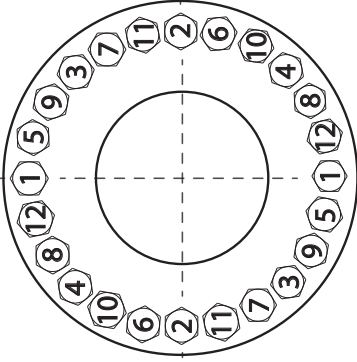
Anexo 12.6

Secuencia de Apriete Método Clásico con 2 Herramientas

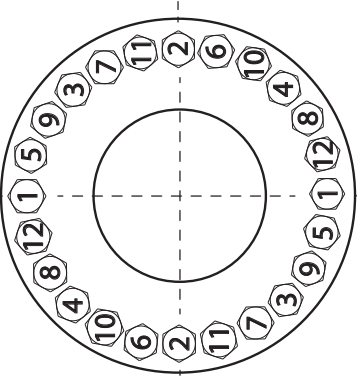
Paso 1: 30%



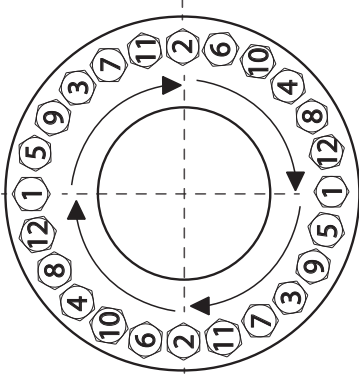
Paso 2: 70%



Paso 3: 100%



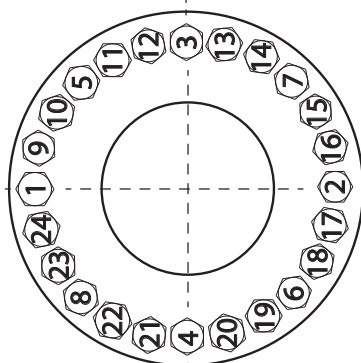
Paso 4: 100%



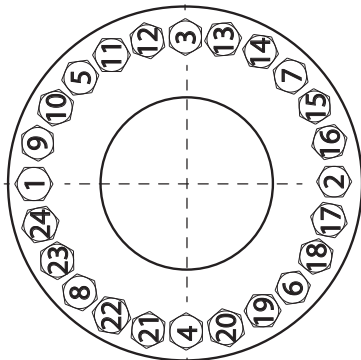
1. Numerar los pernos u orificios de las bridas con "marcador" siguiendo la secuencia de la figura.
2. Instalar cada uno de los pernos o bulones con sus respectivas tuercas y arandelas, y con la mano apriete las tuercas en secuencia cruzada. En caso de no lograr obtener el paralelismo entre las caras de las bridas, se puede utilizar una herramienta manual para el apriete, hasta que todo alrededor de la junta se apoye levemente en la cara de la brida. Todos los pernos deben traspasar obligatoriamente las tuercas en al menos dos vueltas de rosca.
Importante: La fuerza máxima para esta operación no debe exceder 10% el apriete final.
3. Primer Paso: apriete cada tuerca hasta aproximadamente 30% del torque final, siguiendo la numeración. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
4. Segundo Paso: apriete cada tuerca hasta aproximadamente 70% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo. .
5. Tercer Paso: apriete cada tuerca hasta aproximadamente 100% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
6. Cuarto Paso: aplique el torque final en todas las tuercas en el sentido hacia la derecha como mostrado. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
7. Quinto Paso: Repita el 4º paso hasta que no haya más rotación de las tuercas.

Anexo 12.7 **Secuencia de Aprieto Método Alternativo con 1 Herramienta** **Norma JSA JIS B2551, 2008**

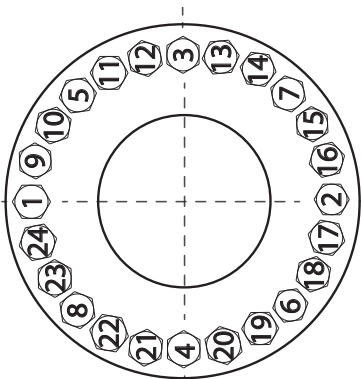
Paso 1: 20 a 30%



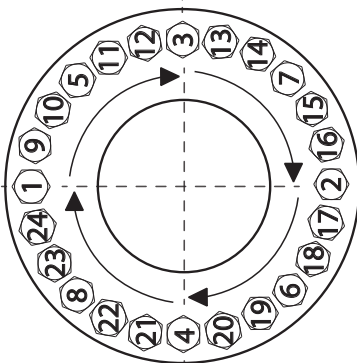
Paso 2: 50 a 70%



Paso 3: 100%



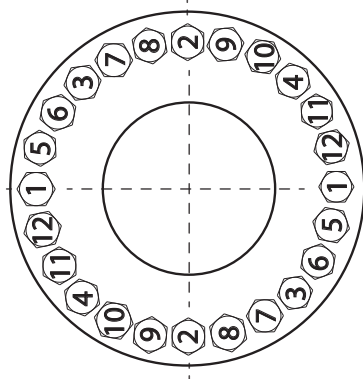
Paso 4: 100%



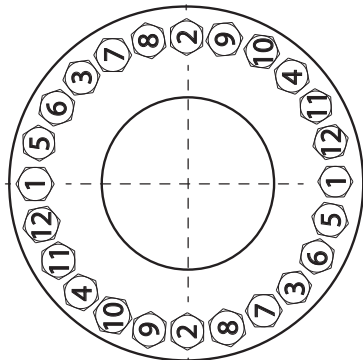
1. Numerar los pernos u orificios de las bridas con "marcador" siguiendo la secuencia de la figura.
2. Instalar cada uno de los pernos o bulones con sus respectivas tuercas y arandelas, y con la mano apriete las tuercas en secuencia cruzada. En caso de no lograr obtener el paralelismo entre las caras de las bridas, se puede utilizar una herramienta manual para el apriete, hasta que todo alrededor de la junta se apoye levemente en la cara de la brida. Todos los pernos deben traspasar obligatoriamente las tuercas en al menos dos vueltas de rosca.
Importante: La fuerza máxima para esta operación no debe exceder 10% el apriete final.
3. Primer Paso: apretar los pernos 1, 2, 3 y 4, con 20% a 30% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
4. Segundo Paso: apretar los pernos 1, 2, 3, 4, con 50% a 70% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
5. Tercer Paso: apretar los pernos 1, 2, 3, 4, con 100% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
6. Cuarto Paso: Aplique el 100% del torque final en todas las tuercas en el sentido hacia la derecha. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
7. Quinto Paso: Repita el 4º paso hasta que no haya más rotación de las tuercas.

Anexo 12.8 Secuencia de Apriete Método Alternativo con 2 Herramientas Norma JSA JIS B2551, 2008

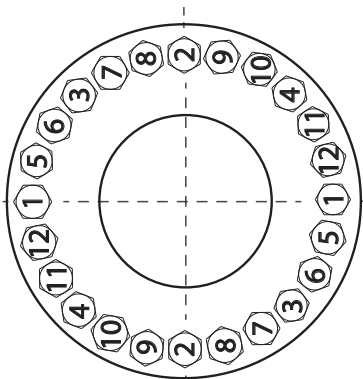
Paso 1: 20 a 30%



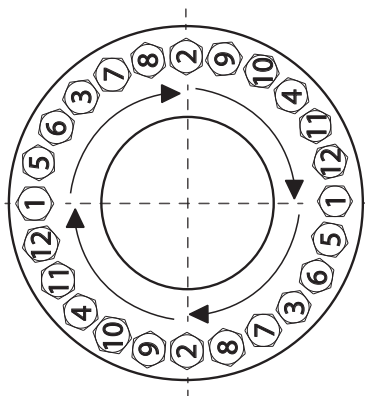
Paso 2: 50 a 70%



Paso 3: 100%



Paso 4: 100%



1. Numerar los pernos u orificios de las bridas con "marcador" siguiendo la secuencia de la figura.
2. Instalar cada uno de los pernos o bulones con sus respectivas tuercas y arandelas, y con la mano apriete las tuercas en secuencia cruzada. En caso de no lograr obtener el paralelismo entre las caras de las bridas, se puede utilizar una herramienta manual para el apriete, hasta que todo alrededor de la junta se apoye levemente en la cara de la brida. Todos los pernos deben traspasar obligatoriamente las tuercas en al menos dos vueltas de rosca.
Importante: La fuerza máxima para esta operación no debe exceder 10% el apriete final.
3. Primer Paso: apretar los pernos 1, 2, 3 y 4, con 20% a 30% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
4. Segundo Paso: apretar los pernos 1, 2, 3, 4, con 50% a 70% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
5. Tercer Paso: apretar los pernos 1, 2, 3, 4, con 100% del torque final. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
6. Cuarto Paso: Aplique el 100% del torque final en todas las tuercas en el sentido hacia la derecha. Asegúrese de que las bridas mantengan el paralelismo.
7. Quinto Paso: Repita el 4° paso hasta que no haya más rotación de las tuercas.

Anexo 12.9
Sistema LIVE LOADING para Bridas

Diámetro perno pulgadas	Código Teadit	A - mm ver Figura 12.27		Torque N-m	Fuerza N
		Libre	Apretado		
1/2	ACX00008060	6.7	4.1	80	37830
	ACX00008045	3.9	3.6	60	28390
	ACX00008030	3.4	3.0	40	18960
5/8	ACX00010060	5.4	5.1	160	60360
	ACX00010045	4.7	4.4	120	45300
	ACX00010030	4.0	3.6	80	30230
3/4	ACX00012060	6.5	6.2	270	89160
	ACX00012045	5.7	5.4	200	66900
	ACX00012030	4.8	4.4	140	44630
7/8	ACX00014060	7.6	7.2	430	123300
	ACX00014045	6.7	6.3	330	92500
	ACX00014030	5.7	5.2	220	61700
1	ACX00016060	8.7	8.3	660	161700
	ACX00016045	7.7	7.2	500	121300
	ACX00016030	6.5	5.9	330	80900
1 1/8	ACX00018060	9.9	9.4	960	210760
	ACX00018045	8.7	8.2	720	158100
	ACX00018030	7.4	6.8	480	105430
1 1/4	ACX00020060	11.3	10.7	1360	266760
	ACX00020045	10.2	9.6	1020	200100
	ACX00020030	8.4	7.6	680	133430
1 3/8	ACX00022060	12.4	11.8	1840	328900
	ACX00022045	10.9	10.3	1380	246700
	ACX00022030	9.2	8.4	920	164500
1 1/2	ACX00024060	13.5	13.0	2170	397960
	ACX00024045	11.9	11.3	1630	298500
	ACX00024030	10.1	9.2	1080	199030
1 5/8	ACX00026060	14.9	14.2	2980	474760
	ACX00026045	13.1	12.4	2240	356100
	ACX00026030	11.0	10.2	1490	237430
1 3/4	ACX00028060	16.1	15.4	4070	554760
	ACX00028045	14.1	13.4	3050	416100
	ACX00028060	11.9	11.0	2030	277430
1 7/8	ACX00030060	15.6	14.8	5420	508870
	ACX00030045	15.2	14.4	4070	482100
	ACX00030030	12.8	11.8	2710	321430
2	ACX00032060	16.7	15.8	5970	584870
	ACX00032045	16.3	15.4	4470	554100
	ACX00032030	13.7	12.6	2980	371210
2 1/4	ACX00036060	18.8	17.9	8620	751650
	ACX00036045	18.4	17.4	6470	712100
	ACX00036060	15.5	14.3	4310	474760
2 1/2	ACX00040060	21.0	20.0	11930	937430
	ACX00040045	20.5	19.5	8950	88100
	ACX00040030	17.3	16.0	5970	592100
2 3/4	ACX00044060	18.7	17.5	16060	1146430
	ACX00044045	22.7	21.5	11930	1086100
	ACX00036030	19.1	17.7	8030	724100
3	ACX00048060	25.5	24.2	20940	1374430
	ACX00048045	24.8	23.5	15700	1302100
	ACX00048030	20.9	19.3	10470	868100

FACTORES DE CONVERSIÓN

Multiplicar	Por	Para Obtener
galón	3.785	litros
grado C	$1.8^{\circ} \text{C} + 32$	grado F
hp	745,7	watts
jarda	0.9144	metros
kgf / cm ²	14.223	lbf/plg. ²
kgf-m	9.807	newton-metro (N-m)
kgf-m	7.238	lbf-ft
kg/m ³	6.243×10^{-2}	lb/ft ³
libra	0.454	kg
megapascal (MPa)	145	lbf/plg. ²
megapascal (MPa)	10	bar
milla	1,609	km
newton	0.225	lbf
newton	0.102	kgf
pie	0.305	metro
pie cuadrado	0,09290	m ²
pie cúbico	0.028	m ³
pulgadas	25.4	milímetros
pulgada cúbica	$1,639 \times 10^{-5}$	metro cúbico
pulgada cuadrada	645.16	milímetros cuadrados

REFERENCIAS

[1] Technical Report no. 32-928 - Basic Criteria and Definitions for Zero Fluid Leakage, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, National Aeronautics and Space Administration, Pasadena, California, USA.

[2] Clean Air Act, Environmental Protection Agency (www.epa.gov/air/caa), Washington, DC, USA .

[3] Consent Decree, United States of America x Dow Chemical Company, Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA .

[4] VDI 2440 Guideline, Emission control - Mineral oil refineries, Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN, Verein Deutscher Ingenieure, Germany.

[5] Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII - Division 1 -Rules for Construction of Pressure Vessels – Mandatory Appendix 2 - Rules for Bolted Flange Connections with Ring Type Joints, American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA.

[6] Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Assembly - PCC-1, American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA.

[7] Procedure for Determination of “y” Stress and “m” Factor for Calculation of Gasket Bolting, Teadit Research and Development Laboratory, April 2005.

[8] ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Section II - Materials - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA

[9] PVP2010-25961 - Evaluation of Pipe Flange Gaskets Relaxation, R. H. G Araujo, J. L. C. Lowenberg, Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2011, July 18-22, Bellevue, WA, USA.

[10] PVP2007-26645 - An Experimental Investigation of the Factors that Contribute to the Creep-Relaxation of Compressed Non-Asbestos Gaskets, J. C. Veiga, C. F. Cipolatti, A. M. F. Sousa, D. Reeves. Proceedings of the ASME 2007 Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2007, July 22-26, San Antonio, TX, USA.

[11] PVP2010-25966 - Spiral Wound Versus Flexible Graphite Faced Serrated Metal Pipe Flange Gaskets in Thermal Cycling and Pressure Comparative Testing, J. C. Veiga, C. F. Cipolatti, D. Reeves. Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2011, July 18-22, Bellevue, WA, USA.

[12] FSA-G-604-07 Oxidation Test Standard for Flexible Graphite Materials - Fluid Sealing Association - FSA - 994 Old Eagle School Road #1019, Wayne, PA 19087, USA

[13] ASTM F36 - 99(2009) Standard Test Method for Compressibility and Recovery of Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[14] ASTM F37 - 06 Standard Test Methods for Sealability of Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[15] ASTM F38 - 00(2006) Standard Test Methods for Creep Relaxation of a Gasket Material - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[16] ASTM F146 - 12 Standard Test Methods for Fluid Resistance of Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[17] ASTM F152 - 95(2009) Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetallic Gasket Materials - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428- 2959 USA

[18] ASTM F495 - 99a(2011) Standard Test Method for Weight Loss of Gasket Materials Upon Exposure to Elevated Temperatures - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[19] DIN 3535 - (2011) Gaskets for gas supply - Part 6: Gasket materials based on fibers, graphite or polytetrafluoroethylene (PTFE) for gas valves, gas appliances and gas mains - Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), Germany

[20] DIN 52913 (2002) - Testing of static gaskets for flange connections - Compression creep testing of gaskets made from sheets - Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), Germany

[21] Determination of Critical Temperature of Non-Asbestos Fiber Sheet Gaskets, J. C. Veiga, C. F. Cipolatti, A. M. F. Sousa, PVP-Vol 478, Analysis of Bolted Joints, Pressure Vessel & Piping Division Conference, PVP 2004, July 25-29, San Diego, CA, USA

[22] FSA-NMG-204-02 - Standard Test Method for Performance of Non-Asbestos Gaskets in High Pressure, Saturated Steam - Fluid Sealing Association - FSA - 994 Old Eagle School Road #1019, Wayne, PA 19087, USA

[23] PVP2009-77466 - Superheated Steam Test Rig for Compressed Non-Asbestos Gaskets Evaluation, J. C. Veiga, C. F. Cipolatti, A. M. F. Sousa, Proceedings of the ASME 2009 Pressure Vessels and Piping Division Conference July 26-30, 2009, Prague, Czech Republic

[24] TEMA - Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association, Ninth Edition, Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc., 25 North Broadway, Tarrytown, NY 10591, USA

[25] ASME B16.21 Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA

[26] DIN EN 1514-1 Flanges and their joints - Dimensions of gaskets for PN-designated flanges - Part 1: Non-metallic flat gaskets with or without inserts. Deutsches Institut Fur Normung E.V. (DIN adopted European Standard), Germany

[27] PVP2010-25407 - Compressed Non-Asbestos Gaskets Shelf Life Prediction, Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel and Piping Division Conference PVP2010 July 18-22, 2010, Bellevue, Washington, US

[28] PVP2011-57556 - The Influence of Winding Density in the Sealing Behavior of Spiral Wound Gaskets Proceedings of the ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Division Conference PVP2011 July 17-21, 2011, Baltimore, Maryland, USA

[29] Failure of Spiral Wound Graphite Filled Gaskets– The Health and Safety Executive of Great Britain, March 2008

[30] FSA-MG-501-02 – Standard Test Method for Spiral Wound Gaskets, Fluid Sealing Association - FSA - 994 Old Eagle School Road #1019, Wayne, PA 19087, USA

[31] ASME B16.20 - Metallic Gaskets for Pipe Flanges: Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA.

[32] DIN EN 1514-2 (2005) Flanges and their joints - Gaskets for PN-designated flanges - Part 2: Spiral wound gaskets for use with steel flanges Deutsches Institut Fur Normung E.V. (DIN adopted European Standard), Germany

[33] PVP2008-61121 - Heat Exchanger Gaskets Radial Shear Testing, J. C. Veiga, N. Kavanagh, D. Reeves, 2008 ASME Pressure Proceedings of the ASME PVP Pressure Vessel and Piping Conference, 2008 Vessel and Piping Conference, Chicago, Illinois, USA

[34] PVP2002-1081 - The Suitability of Various Gaskets Types for Heat Exchanger Service, Brown, W., Proceedings of the ASME PVP 2002 Pressure Vessel and Piping Conference, Vancouver, BC, Canada.

[35] PVP2005-71023 - Double-jacketed gaskets for heat exchangers sealability behavior in flanges with and without nubbins, J. C. Veiga, N. Kavanagh, Proceedings of PVP2005 2005 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 17-21, 2005, Denver, Colorado USA

[36] PVP Volume 405 - The Influence of the Gasket Finish on the Sealability of double-jacketed gaskets used in heat exchangers - J. C. Veiga, N. Kavanagh, PVP Vol. 405, 2000 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 2000, Seattle, WA, USA

[37] Failure of Heat Exchanger Gaskets due to Differential Radial Expansion of the Mating Flanges, W. Brown, D. Reeves, 2001 ASME Pressure and Piping Conference, Atlanta, Georgia, USA.

[38] API Spec 6A - Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment, Twentieth Edition (ISO 10423:2009 Modification), Includes Errata (Jan. and Nov. 2011), Addenda 1(Nov 2011), 2 (Nov 2012), 3 (March 2013) - American Petroleum Institute, 220 L Street, Washington, DC, USA

[39] API Spec 17D - Equipment, Second Edition; ISO 13628-4 (Identical), Design and operation of subsea production systems-Part 4: Subsea wellhead and tree equipment - American Petroleum Institute, 220 L Street, Washington, DC, USA

[40] Norsok Standard L-005 - Compact flanged connections - Standards Norway, Strandveien 18, Norway

[41] PVP2010-25966 - Spiral Wound versus Flexible Graphite Faced Serrated Metal Pipe Flange Gaskets in Thermal Cycling and Pressure Comparative Testing - Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessel and Piping Division Conference July 18-22, 2010, Bellevue, Washington, USA

[42] ASTM A193 / A193M - 12b Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and other Special Purpose Applications - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[43] ASTM A194 / A194M - 12a Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[44] ASME B46.1 - 2009- Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Standard Specification for Hardened Steel Washers - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[45] JSA JIS B2251, 2008 - Bolt Tightening Procedure for Pressure Boundary Flanged Joint Assembly, High Pressure Institute of Japan

[46] ASME B16.5 – 2013 - Pipe Flanges and Flanged Fittings: NPS 1/2 through NPS 24 Metric/Inch Standard - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA

[47] ASME PCC-2- Repair of Pressure Equipment and Piping - - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA

[48] ASME B16.47 – 2011 - Large Diameter Steel Flanges: NPS 26 through NPS 60 Metric/Inch Standard - American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, USA

[49] PVP2014-28434 Determination of ASME PCC-1-2010 Appendix O Gasket Parameters - Proceedings of the ASME 2014 Pressure Vessel and Piping Division Conference July 20-24, 2010, Anaheim, California, USA

[50] EN 13555 – 2014 - Flanges and their joints - Gasket parameters and test procedures relevant to the design rules for gasketed circular flange connections - European Committee for Standardization (CEN), Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels, Belgium

[51] EN 1591-1 - Flanges and their joints - Design rules for gasketed circular flange connections - European Committee for Standardization (CEN), Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels, Belgium

[52] S 3381:1989 Specification for spiral wound gaskets for steel flanges to BS 1560 - British Standards Institution – UK

[53] MSS SP-6-2017. Standard Finishes for Contact Faces of Pipe Flanges and Connecting-End Flanges of Valves and Fittings - Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry, Inc. 127 Park Street, Vienna, Virginia, 22180-4602, USA

[54] Code of Federal Regulations Title 21 – Part 177 – Section 177.2600 - Food and Drug Administration (FDA) – Washington, DC, USA

[55] NSF/ANSI 61-2012 Drinking Water System Components – Health Effects – NSF International, 789 North Dixboro Road, Ann Arbor , MI, 48113-0140, USA

[56] PVP 2018-84077 - The Influence of Elevated Temperature in Creep Relaxation of Various PTFE Gaskets Production Methods, A. Silva, F. Werner, L. Xavier, 2018 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 2018, Prague, Czech Republic.

[57] ASTM F607—3(2014) Standard Test Method for Adhesion of Gasket Materials to Metal Surfaces, ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

[58] LEITFADEN zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen, Verband der Chemischen Industrie e. V. Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt a. M, Alemanha

[59] PVP 2017-65371 – Spiral Wound Gaskets Performance Testing, S. Hamilton, J. Baulch, J. Veiga, 2017 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 2017, Waikoloa Village, Hawaii, USA.

[60] PVP 2018 - 84907 - ASME B16.20 Jacketed Gaskets. Performance Testing - S. Hamilton, J. Veiga, C. Girão, J. Baulch, July 2018, Praga, Rep. Tcheca.

[61] ASTM F436 - Standard Specification for Hardened Steel Washers ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, W. Conshohocken, PA. 19428-2959, USA.

[62] United States Environmental Protection Agency (EPA) - Air Emission Measurement Center (EMC) - Method 21 - Volatile Organic Compound Leaks, Washington, DC, USA.

[63] Spiral Winding Technology for PTFE Gaskets - A. Valle, A. Garcia, C. Girão, J. Veiga - 2019ASME Pressure Vessels and Piping Conference July 2019, San Antonio, TX, USA

[64] Patent WO2017/049054A1 Spiral-wound ptfe gasket and methods of manufacture - A. Valle, J. Almeida, J. Veiga - US Patent Office - Washington, DC, USA

[65] ISO 27509:2012 - Petroleum and natural gas industries - Compact flanged connections with IX seal ring - International Standard Organization

[66] US Patent 9,890,859 - Double-rail Serrated Metal Gasket - J. Veiga, L. Romano - US Patent Office - Washington, DC

[67] ASTM 2836 - Standard Practice for Gasket Constants for Bolted Joint Design - ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, W. Conshohocken, PA. 19428-2959, USA.



Sellando para un futuro más verde y seguro

Este E-book presenta juntas de sellado usadas en tuberías y equipos industriales. Son abordadas de forma sistemática juntas de lámina comprimida, PTFE y otros materiales no metálicos, juntas metaloplásticas, metálicas y para aislamiento eléctrico de bridas, presentando sus características principales, aplicaciones y limitaciones. El proyecto, instalación y causas de pérdida son tratados de forma práctica y directa.

Son comentadas las condiciones particulares existentes en el mercado como por ejemplo, la disponibilidad de materiales. Todo ello hace de este libro una herramienta de trabajo para todos los involucrados en el proyecto, fabricación, instalación y mantenimiento de juntas para tuberías y equipos industriales que operan con fluidos en alta presión.

Campinas, BRAZIL · Itatiba, BRAZIL · Buenos Aires, ARGENTINA

Houston, USA · Kirchbichl, AUSTRIA · Baroda, INDIA