CMC CHILE 2026

Sesión SPARK

1

SPARK SESIÓN 30

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN



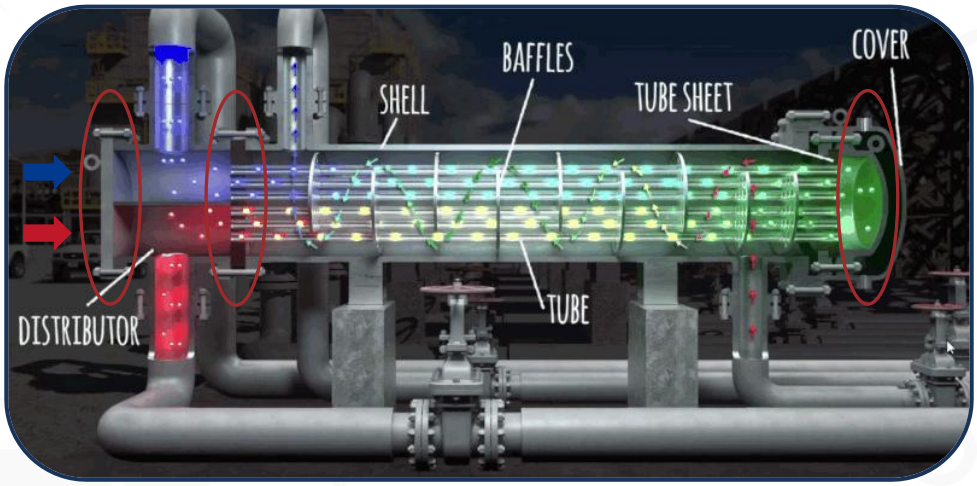
## Metodología de selección de sistema de sellado para intercambiadores de calor sometidos a ciclos térmicos severos

**Roberto Araujo**

Gerente de Ingeniería de Aplicación – TEADIT® Brasil

2

## Sistema de sellado para Intercambiadores de Calor




3

¿Cuáles son los desafíos para garantizar sellabilidad durante la operación?

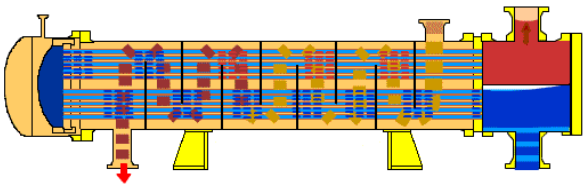
- Especificación correcta del sistema de sellado
- Atención a los requisitos del equipo
- Procedimiento de instalación del sistema de sellado

4

## Especificación de junta para Intercambiadores de Calor

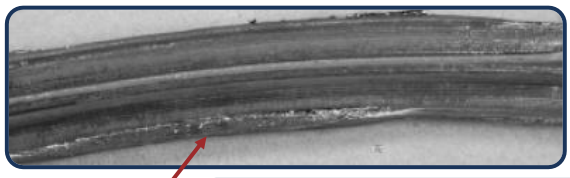


Junta Doble Enchaquetada

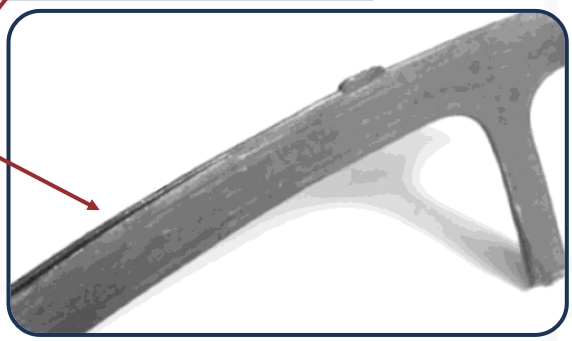


5

## Falla en Junta Doble Enchaquetada



Daños en una junta Doble Enchaquetada debido a la operación



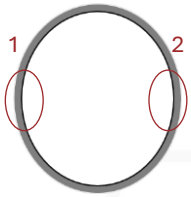
6

## Falla en Junta Doble Enchaquetada

### Datos del equipo

| | |
|---|---|
| Planta: | Petroquímica |
| Fluidos: | Hidrocarburos / Vapor |
| Presión: | 48 / 31 bar |
| Temperaturas: | 400 / 235 º C |

Región analizada







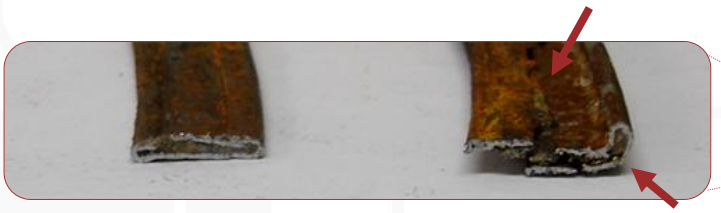

7

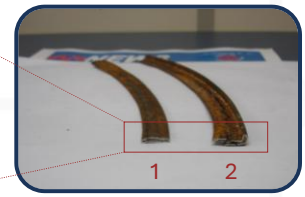
## Falla en Junta Doble Enchaquetada

**Dimensiones:** 451 x 470 x 3,2 mm








8

## Intercambiadores de Calor

### Especificación Norma TEMA

**Clase R**

- Servicio severo – O&G
- Hidrocarburos
- **Juntas metálicas**

**Clase B**

- Servicios químicos en general
- Juntas metálicas y **no metálicas**

**Clase C**

- Servicios moderados en general
- Juntas metálicas y **no metálicas**

**Condiciones**

- Presión < 21bar;
- Compatibilidad química;
- Compatibilidad térmica;
- Excepción: tapa del flotante.

9

## Intercambiadores de Calor

### Especificación norma API 660 - 1993

**4.9 Gaskets**

**4.9.1** Gaskets in hydrocarbon service shall be double-jacketed fiber-filled metal, solid metal, or spiral-wound fiber-filled metal.



Junta Doble Enchaquetada

10

## Intercambiadores de Calor

### Especificación norma API 660 - 1993

**7.10 Gaskets**

**7.10.1** Flanged external girth joint gaskets and floating-head gaskets in hydrocarbon or steam service shall be double-jacketed metal with soft gasket filler, spiral-wound, grooved metal with soft gasket-seal facing, or corrugated metal with soft gasket-seal facing. Solid metal gaskets shall only be used with welded closures or self-energizing closures. See A.4.6 for additional guidance.

NOTE The term grooved is synonymous with the term serrated as applied to gasket type.

**7.10.2** Double-jacketed gaskets shall not be used for the peripheral portion of the gasket in the following services:

a) hydrogen service;

b) operating temperatures above 205 °C (400 °F);

c) cyclic service;

d) sour or wet hydrogen sulfide service;

e) design pressure equal to or greater than 2050 kPa (ga) (300 psig);

f) shell diameter greater than 1200 mm (48 in.).

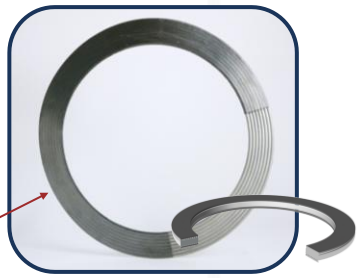
Restricciones para el uso de junta Doble Enchaquetada

**Table 3—Assembly Gasket Stress**

| Peripheral Gasket Type[a] | Maximum Permissible Gasket Stress, $S_{G_{max}}$ MPa (psi) | Minimum Gasket Seating Stress, $S_{G_{min\text{-}S}}$ MPa (psi) | Minimum Gasket Operating Stress, $S_{G_{min\text{-}O}}$ MPa (psi) |
|---|---|---|---|
| Grooved metal with soft facing | 380 (55,000) | 140 (20,000) | 97 (14,000) |
| Corrugated metal with soft facing | 275 (40,000) | 140 (20,000) | 97(14,000) |
| Spiral-wound | b | 140 (20,000) | 97 (14,000) |

[a] These stresses are based on the use of facing layers or filler materials, such as flexible graphite, PTFE, or other conformable materials, and excludes core materials of carbon steel, brass, copper, or aluminum alloys.

[b] The maximum permissible gasket stress does not apply when a means to prevent over-compression of the gasket is employed (e.g. centering rings with spiral-wound gaskets).



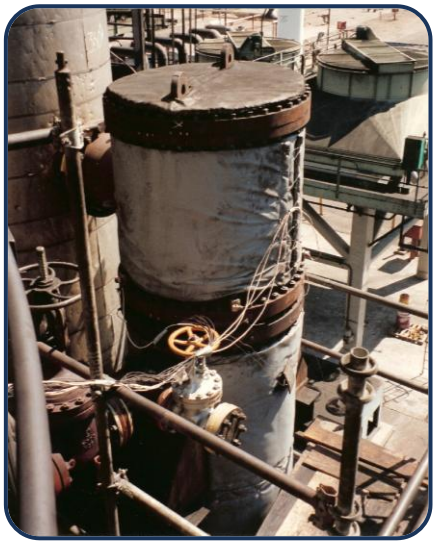
Junta Camprofile *

*** - Normativa (ASME B16.20)**

11

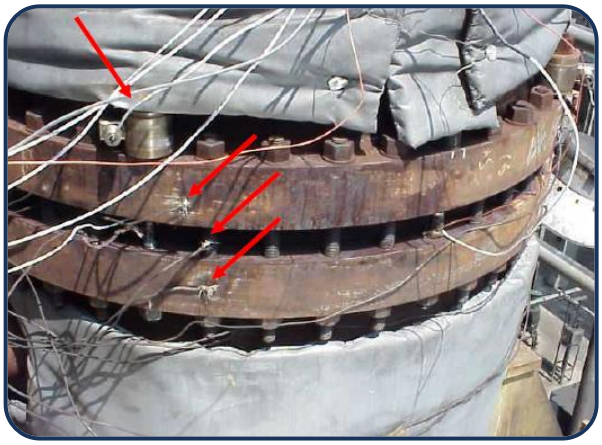
## Estudio relajamiento de juntas

Chevron
Richmond Refinery
EE.UU.



12

## Estudio relajamiento de juntas



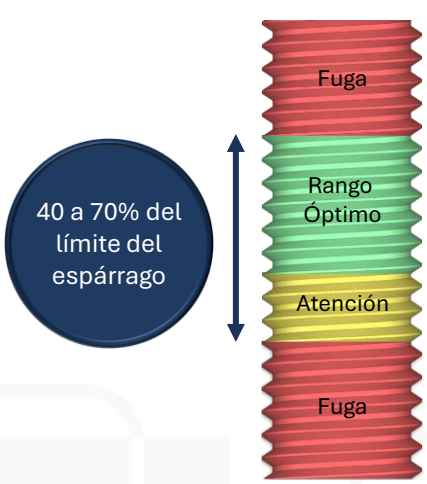
13

## Estudio relajamiento de juntas




14

## Requisitos de carga en los espárragos



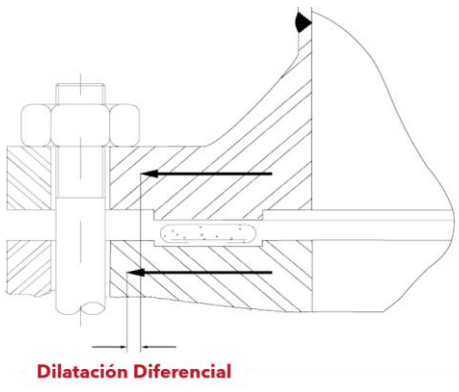

- Límite de la Brida
- Límite del Espárrago
- Límite de la Junta
- Pérdida por Relajamiento en servicio
- Fuerza Mínima de Sellado – (Wm1)
- Fuerza Mínima de Instalación – (Wm2)

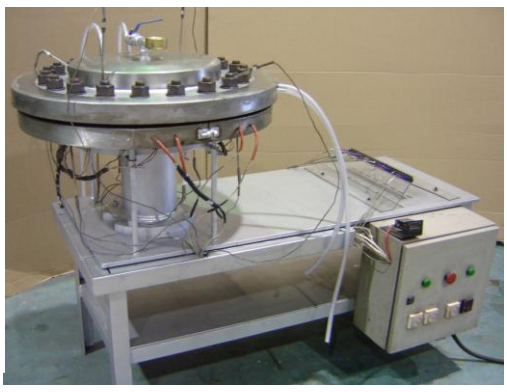
15

## Estudio relajamiento de juntas

### Equipo de prueba RaST*

Radial Shear Test



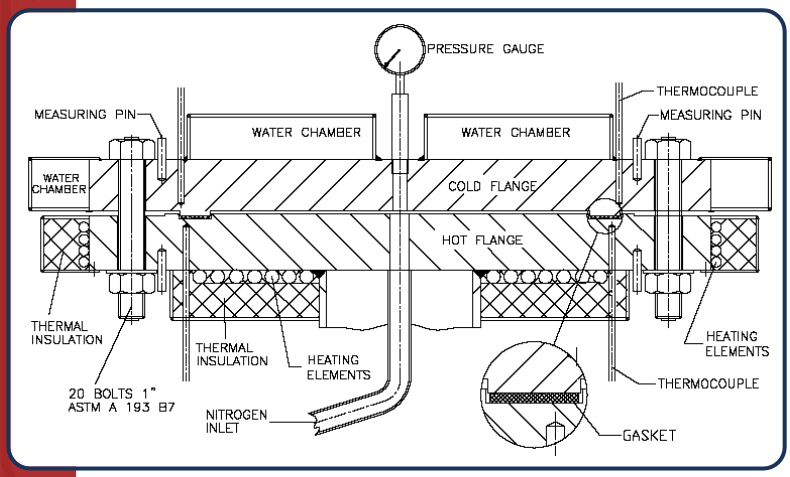



** - Equipo disponible para pruebas en el YRT - Yarmouth Research and Technology*

16

## Estudio relajamiento de juntas

Equipo de prueba RaST Radial Shear Test




17

## Juntas probadas en laboratorio



Junta Doble Enchaquetada



Junta Doble Enchaquetada con capa de grafito



Junta Camprofile

18

## Procedimiento de evaluación
## Equipo de prueba RaST

### Ciclos con presión

- Apriete inicial y reapriete después de 30 minutos
- Presurizar con Nitrógeno 40 bar
- Monitorear la caída de presión
- Si aprobado, seguir con ciclos de temperatura

### Ciclos con temperatura

- Calentar una brida y enfriar la otra brida (agua fría)
- Medir la dilatación diferencial entre las bridas
- Enfrtiar la brida caliente hasta la temperatura ambiente
- Repetir el ciclo térmico por 100 veces
- Cada 15 ciclos térmicos: verificar presión y carga en los espárragos

### Parámetros del ciclo caliente:

- Fluido: Nitrógeno
- Diferencial de temperatura: 200º C
- Presión: 40 bar
- Dilatación diferencial entre bridas: 1,66 mm

19

## Evaluación de Presión
## Equipo de prueba RaST

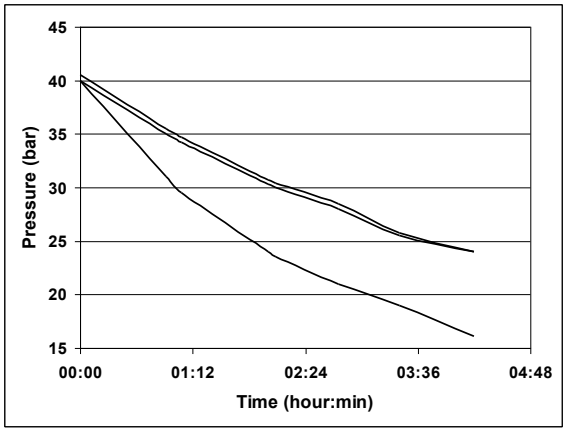
### Temperatura Ambiente

- Doble Enchaquetada: **Fuga**
- Doble Enchaquetada con capa de grafito: **Sin fuga**
- Camprofile: **Sin fuga**

20

## Evaluación de Presión Equipo de prueba RaST

### Temperatura Ambiente




Junta Doble Enchaquetada

21

## Evaluación con ciclos térmicos Equipo de prueba RaST

### Resultados

**Doble Enchaquetada con capa de grafito:**

- Sin Fuga
- 45% de Pérdida de Apriete

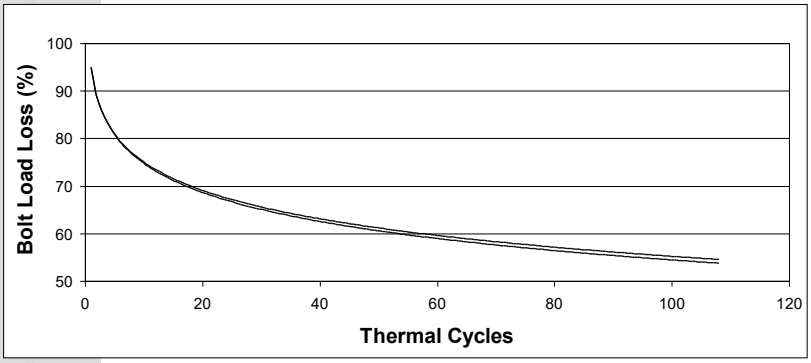
**Camprofile:**

- Sin Fuga
- 25% de Pérdida de Apriete

22

## Evaluación con ciclos térmicos. Equipo de prueba RaST

## Resultados




Junta Doble Enchaquetada con Grafito

**Pérdida de Apriete > 45%**

23

## Junta Doble Enchaquetada

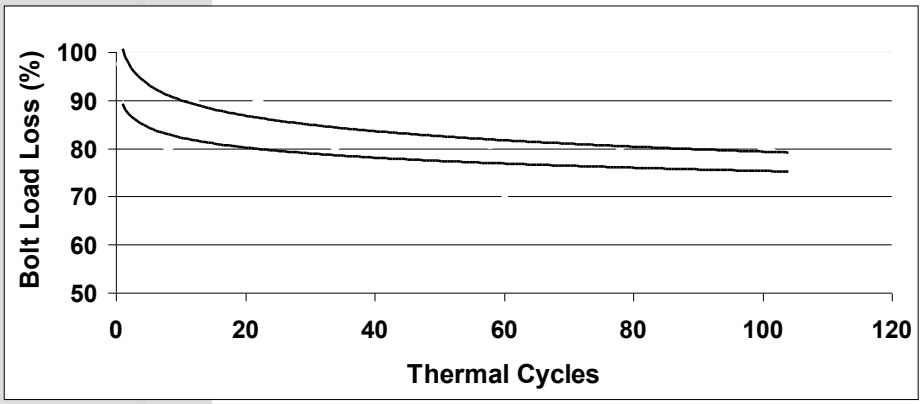


**Deformación severa de la junta por dilatación diferencial de las bridas**

24

## Evaluación con ciclos térmicos Equipo de prueba RaST

## Resultados




**Junta Camprofile**

**Perdida de Apriete: < 25%**

25

## Junta Camprofile

Película de grafito flexible evita daños

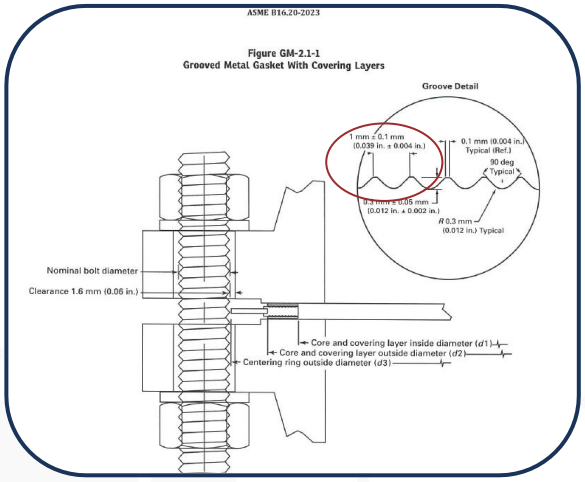
Reduce la pérdida de apriete

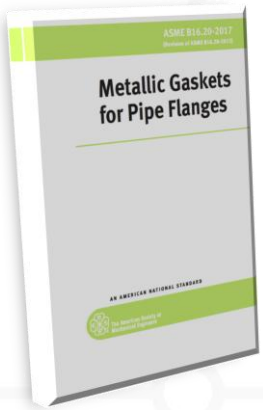


26

# Junta Camprofile

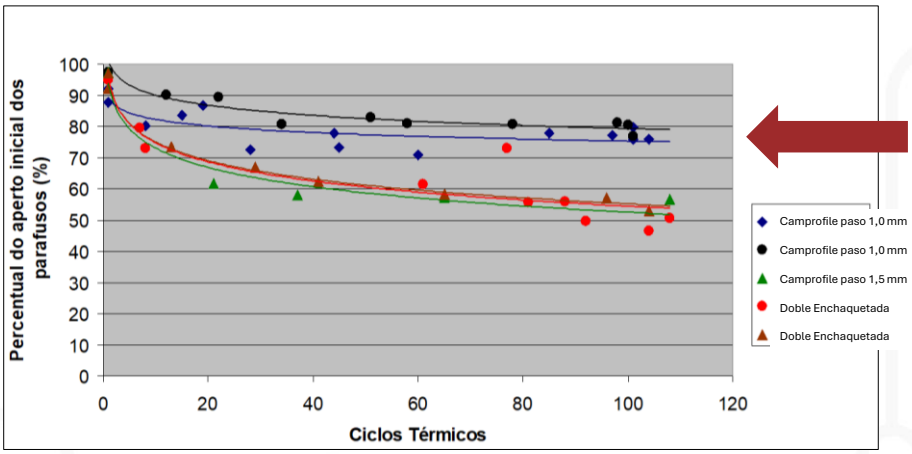
Especificación definida en la norma ASME B16.20




27

# Junta Camprofile



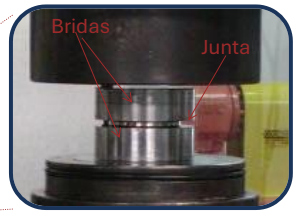

Paso 1,0 mm x 1,5 mm

28

## Prueba de Aplastamiento

### Junta Camprofile






Dureza:

- Junta 197 HB
- Bridas: 81 HB

Aplastamiento: 5 MPa a 300 MPa

29

## Prueba de Aplastamiento

Aplastamiento de 200 MPa (30.000 psi)







Junta metálica

Láminas de grafito

Superficie de las células sin marcas

Láminas de grafito sin ruptura

30

# Prueba de Aplastamiento

Aplastamiento de 250 MPa (36.000 psi)



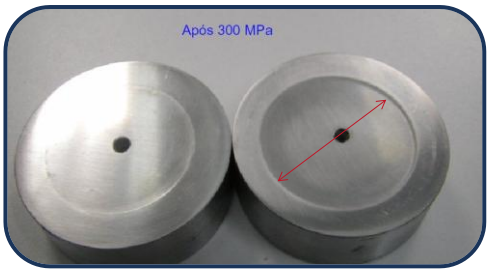

**Pequeña marca** en la brida

**No hubo ruptura** de las láminas de grafito

31

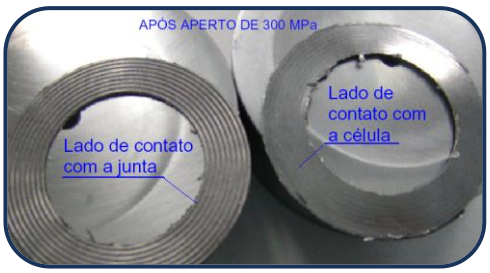
# Prueba de Aplastamiento

**Hubo una marca** en la superficie de las bridas



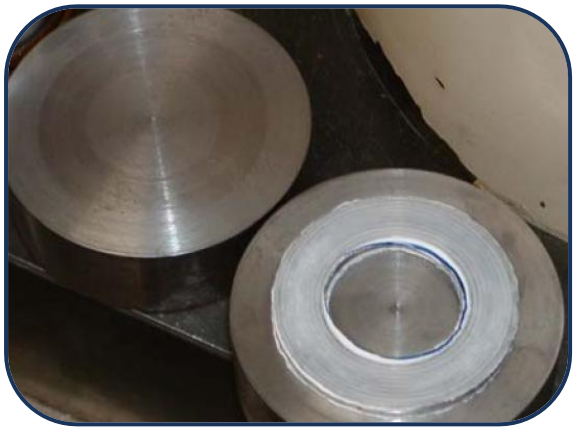

**Sin ruptura de las láminas de grafito**

**Sin penetración de las ranuras** de la junta en las bridas




32

# Prueba de Aplastamiento



**No hubo ruptura** de las láminas de PTFE

33

# Determinación del Coeficiente de Fricción

## Juntas Camprofile

Aplastamiento = 120 MPa

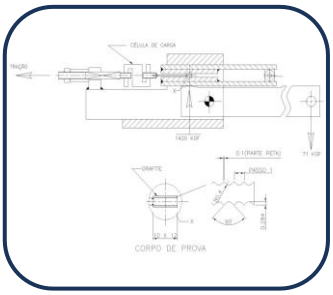
Junta => Dureza 171 HB

Brida => Dureza 192 HB e ranura = 1,6 µm

Pruebas

Junta con revestimiento de grafito (prueba 1)

Junta sin revestimiento (prueba 2)

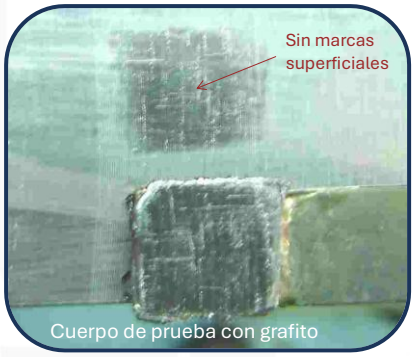





34

## Determinación del Coeficiente de Fricción

### Juntas Camprofile







Coeficiente de fricción:

Prueba 1 (con grafito) = 0,045

Prueba 2 (sin grafito) > 0,088

35

## Recomendación para Intercambiadores de Calor

**Nuevos proyectos de intercambiadores de calor:**

Especificar Juntas Camprofile

**Protocolo:**

Junta fabricada conforme (ASME B16.20)

Proyecto conforme (ASME Sección VIII)

Factores de junta para el proyecto:

Aplastamiento max = 500 MPa
Y = 2.500
M = 2,0

36

## Recomendación para Intercambiadores de Calor

### Intercambiadores de calor existentes:

Evaluar alteración de la especificación para Juntas Camprofile

### Protocolo:

Revisar planicidad y daños en las caras de sellado (ASME PCC-1)

Validar junta conforme (ASME Sección VIII)

Factores de junta para el proyecto:

Aplastamiento max = 500 MPa
Y = 2.500
M = 2,0

37

SESIÓN 30

ESCANEA EL CÓDIGO QR

RESPONDE UNA BREVE ENCUESTA

# ¡GRACIAS!

**Roberto Araujo**

roberto.araujo@teadit.com

38