



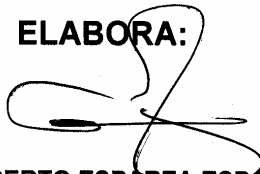
<b>No. de Documento:</b> <b>NRF-090-PEMEX-2005</b>	<div data-bbox="858 241 1150 331">  </div> <div data-bbox="710 331 1299 398"> <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b> </div>
<b>Rev.: 0</b>	
<b>Fecha: 17 de septiembre de 2005</b>	
<b>PÁGINA 1 DE 45</b>	<b>SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX PETROQUIMICA</b>

# **CAMBIADORES DE CALOR** **ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS**

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	No. de Documento <b>NRF-090-PEMEX -2005</b> Rev.: 0 <b>PÁGINA 2 DE 45</b>
--	---	--

## HOJA DE APROBACIÓN

**ELABORA:**



**ING. GILBERTO ESPARZA-ESPARZA  
COORDINADOR GRUPO DE TRABAJO  
PEMEX PETROQUÍMICA**

**PROPONE:**




**ING. RAFAEL BEVERIDO LOMELIN  
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE  
PEMEX PETROQUÍMICA.**

**APRUEBA:**




**ING. VICTOR RAGASOL BARBEY  
PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE  
PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS**

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p>No. de Documento <b>NRF-090-PEMEX -2005</b> Rev.: 0  PÁGINA 3 DE 45</p>
--	--	--

## CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE.....	4
3. CAMPO DE APLICACIÓN.....	5
4. ACTUALIZACIÓN.....	5
5. REFERENCIAS.....	6
6. DEFINICIONES.....	6
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	8
8. DESARROLLO.....	9
8.1 Generalidades.....	9
8.2 Diseño.....	9
8.3 Fabricación.....	24
8.4 Información mínima requerida con la cotización técnica.....	32
8.5 Garantías.....	33
8.6 Preparación para embarque.....	34
9. RESPONSABILIDADES.....	35
10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.....	37
11. BIBLIOGRAFÍA.....	37
12. ANEXOS.....	38
12.1 Figura 1 Láminas de sello para mamparas.....	39
12.2 Figura 2 Localización de sello para mamparas longitudinales.....	40
12.3 Figura 3 Localización de fajas de sello, placas de choque, varillas tensoras.....	41
12.4 Figura 4 Instalación del ánodo de magnesio y dimensiones recomendadas.....	42
12.5 Figura 5 Detalles de protección contra corrosión galvánica en bridas empaques y placas de partición.....	43
12.6 Figura 6 Placa de identificación.....	44
12.7 Figura 7 Responsabilidad en la información de Hoja de Especificaciones.....	45

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 4 DE 45</b></p>
--	--	---

## 0. INTRODUCCIÓN.

Un cambiador de calor es todo aquel dispositivo cuya función principal es realizar una transferencia de calor desde un fluido a otro a través de paredes metálicas y sin que ocurra un contacto directo entre ellos. La forma elemental de un cambiador de calor consiste en un tubo por cuyo interior circula un fluido y cuyo exterior es bañado por otro, existiendo un potencial térmico entre ambos.

Como parte integrante de un sistema de producción, la función de los cambiadores de calor del tipo envolvente – haz de tubos es determinante. Por tal motivo y considerando que actualmente funciona una gran cantidad de estos cambiadores en las plantas industriales de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, existe la necesidad de normalizar todo lo relativo al diseño, materiales de construcción, fabricación y suministro de estos equipos.

En la elaboración de esta Norma de Referencia participaron:

Petróleos Mexicanos.  
PEMEX Exploración y Producción.  
PEMEX Gas y Petroquímica Básica.  
PEMEX Petroquímica.  
PEMEX Refinación.  
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.  
SWECOMEX, S. A. de C. V.  
MELTER, S.A. de C.V.  
EQUIPOS INDUSTRIALES DEL GOLFO S.A. de C. V.  
SAN PABLO EQUIPOS S.A. de C. V.  
CANACINTRA.

## 1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos mínimos que deben cumplir los proveedores, contratistas y/o prestadores de servicios en la contratación del diseño y/o fabricación de cambiadores de calor de envolvente-haz de tubos en instalaciones industriales.

## 2. ALCANCE.


Esta norma establece los requerimientos y características que como mínimo, deben cumplir los proveedores, contratistas y/o prestadores de servicios en el diseño termo-hidráulico, diseño mecánico-estructural, fabricación, inspección, pruebas y preparación para embarque de cambiadores de calor de envolvente – haz de tubos y/o sus partes.

Esta norma de referencia cubre los cambiadores de calor y/o componentes cuya configuración y características estén de acuerdo a los tipos mostrados en la figura N -1.2 del estándar TEMA o equivalente.

Se tienen dos casos en cuanto al alcance de esta norma:

- Cuando el diseño termo-hidráulico y mecánico-estructural del cambiador de calor no sean proporcionados por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, y estos sean solicitados explícitamente en la requisición (Solicitud de bienes) en la que se debe incluir la Hoja de Especificaciones del Cambiador de



 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 5 DE 45</b>
--	---	---

Calor (ver figura 7, anexo 12.7), el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe suministrar el diseño termo-hidráulico y mecánico-estructural y cumplir con los requisitos de la presente norma.

- Cuando el diseño termo-hidráulico y mecánico-estructural del cambiador de calor sean proporcionados por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, la requisición (Solicitud de bienes) correspondiente, tiene como propósito obtener cotizaciones para la fabricación del cambiador, en cuyo caso el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe apegarse a los planos, hoja de especificaciones e información que acompañan a dicha requisición (Solicitud de bienes) y a los requisitos de la presente norma.

La presente norma no comprende los siguientes Cambiadores de calor:

Tipo doble tubo.

De placas.

Con tubos aletados.

Enfriados por aire.

Construidos con materiales no metálicos, tales como polímeros, vidrio, resinas, metal - cerámicos, etc.

Para turbinas, motores, bombas, compresores y otros equipos mecánicos que se proporcionan como parte de un paquete.

En espiral.

De aluminio.

Calderas o unidades sometidas a fuego directo.

Serpentines para tanques y cajas de enfriamiento.


### 3. CAMPO DE APLICACIÓN.

La presente Norma de Referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la elaboración de bases de licitación para la adquisición de los bienes objeto de la misma, que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación, licitación pública, invitación a cuando menos tres proveedores, o adjudicación directa como parte de los requisitos que deben cumplir el proveedor, contratista y/o prestador de servicios.

### 4. ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión de esta norma deben ser enviadas al Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Petroquímica, quien debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas y en su caso, procede a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios a inscribirla en su Programa Anual de Normalización. Esta Norma se debe revisar, en su caso modificar al menos cada cinco años, o antes si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan. Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito al:

Secretario Técnico del  
Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Petroquímica  
Jacarandas No. 100, Nivel B-2  
Fraccionamiento. Rancho Alegre I, C. P. 96558  
Coatzacoalcos, Veracruz  
Teléfono .01-921-2111335, Fax 01-921-2111024  
E-mail: sorduna@ptq.pemex.com

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 6 DE 45</b>
--	---	---

## 5. REFERENCIAS.

Las siguientes normas son obligatorias y complementan a esta norma de referencia:

ISO-16812- 2002	Petroleum and natural gas industries shell-and-tube heat exchangers (Cambiadores de Calor Envolvente-Haz de Tubos para la Industria del Petróleo y Gas Natural).
NOM-008-SCFI- 2002	Sistema General de Unidades de Medida.
NOM-020-STPS- 2002	Recipientes Sujetos a Presión y Calderas- Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.
NRF-027-PEMEX-2001	Espárragos y tornillos de acero de aleación y acero inoxidable para servicios de alta y baja temperatura.
NRF-049-PEMEX-2001	Inspección de Bienes y Servicios.

## 6. DEFINICIONES.

**6.1. “A horcajadas”.** En el círculo de barrenos de bridas, es la condición en la cual los agujeros se ubican fuera de los ejes horizontal y vertical de la brida y además simétricamente distribuidos respecto a dichos ejes.

**6.2. Acero desoxidado. (Killed steel).** Este acero tiene una estructura interna homogénea libre de defectos y elevada resistencia al impacto, lo cual se logra mediante la adición de silicio o aluminio al acero durante su proceso de fabricación. La adición tiene como fin eliminar toda reacción entre el carbono y el oxígeno durante la solidificación, tiene un tamaño de grano fino, por lo cual es adecuado para servicios a bajas temperaturas y para manejo de hidrógeno.

**6.3. Anillo de prueba. (Test ring).** Ensamble de Anillo metálico, barrenado, para atornillarse a la brida principal posterior de la envolvente, formando con el diámetro exterior del espejo flotante un alojamiento para empaques, y un prensa-estopas que se que se atornilla a la cara externa del anillo metálico, impidiendo la fuga de fluido lado envolvente durante la prueba hidrostática o neumática.

**6.4. Bajo aletado.** Aleta formada en la pared del tubo, sobre la superficie exterior mediante maquinado.

**6.5. Barrenos oblongos en silletas.** Perforaciones alargadas cuya forma compuesta consiste de un rectángulo y dos semicírculos, uno a cada lado de sus extremos cortos.


**6.6. Bridas con empaque confinado.** Conjunto de dos bridas en el cual una de las bridas tiene cara realzada y la otra tiene su cara hundida. Este arreglo asegura que el empaque estará encerrado dentro de una cavidad.

**6.7. Brida de prueba.** Anillo metálico, barrenado para atornillarse a la brida principal frontal de la envolvente, para empujar el espejo fijo evitando la fuga de fluido lado envolvente durante la prueba hidrostática o neumática.

**6.8. Brida principal.** Es la brida que forma parte integral para unir los componentes principales del cambiador de calor como son envolvente, canales, tapas bridadas, espejos y cabezal flotante

**6.9. Cabezal flotante. (Floating head).** Ensamble de cubierta y espejo posterior de un haz de tubos rectos, removible.

**6.10. Cubierta de cabezal flotante. (Floating head cover).** Tapa tipo cachucha, abombada, para atornillarse al espejo flotante, directamente o por medio de un anillo bipartido.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 7 DE 45</b></p>
--	--	--

**6.11. Cambiadores de calor estacados.** Dos o más cambiadores instalados uno sobre otro y que pueden o no estar conectados entre sí.

**6.12. Canal. (Channel).** Cámara, metálica, de sección circular, que va en los extremos del cambiador de calor con o sin placa de partición, cerrada con tapa conformada (cabezal tipo bonete) o con brida ciega y sirve para dirigir el fluido por dentro de los tubos.

**6.13. Documento Normativo Equivalente.** Es la norma, especificación, método, estándar o código que cubre los requisitos y las características físicas, químicas, fisicoquímicas, mecánicas o de cualquier naturaleza establecidas en el documento normativo extranjero citado en la Norma de Referencia.

**6.14. Envolvente. (Shell).** Cubierta metálica de sección circular que en su interior aloja el haz de tubos.

**6.15. Espejo. (Tubesheet).** Placa circular metálica, con barrenos distribuidos geométricamente en un arreglo definido, para recibir los tubos de transferencia de calor.

**6.16. Espejo flotante. (Floating tubesheet).** Espejo que se instala en la parte posterior de un haz de tubos rectos removible y puede pasar a través de la envolvente.

**6.17. Haz de tubos. (Tube bundle).** Conjunto de tubos metálicos unidos en uno o ambos extremos al espejo, agrupados en un arreglo definido.

**6.18. Hoja de especificaciones.** Contiene la información de las características y especificaciones termodinámicas y mecánicas de diseño particulares del cambiador de calor y consta de las secciones: identificación; servicio; rendimiento (desempeño) por unidad; construcción por envolvente y materiales de construcción.

**6.19. Lado envolvente.** Condiciones de operación por el exterior de los tubos de transferencia de calor.

**6.20. Lado tubos.** Condiciones de operación por el interior de los tubos de transferencia de calor.

**6.21. “No – asbesto”.** Designación genérica de un grupo de materiales para empaques que excluye al asbesto.


**6.22. “o equivalente”.** Que se escribe en seguida del número y título de las especificaciones técnicas que se relacionan en esta norma, quiere decir que el documento normativo que se proponga como alternativa del que se indica, debe regular los parámetros del producto o servicio requerido, como mínimo con los mismos valores y características de cumplimiento que señale la especificación originalmente citada, aplicables a su diseño, fabricación, construcción, instalación, inspección, pruebas, operación o mantenimiento, según se trate.

**6.23. Placa con recubrimiento integral.** Material de construcción obtenido a partir de la unión metalúrgica y homogénea de un material base con un metal de recubrimiento (por medio de soldadura o explosión) resistente a la corrosión.

**6.24. Placa de respaldo.** Elemento que se coloca detrás de la unión a soldar con el fin de soportar y retener el metal fundido durante el proceso de aplicación del material de aporte, facilitando la obtención de una soldadura al ras con la superficie interior de los componentes a unir.

**6.25. Placa de choque. (Impingement plate).** Placa metálica, de sección circular o cuadrada, colocada sobre los tubos separadores del haz de tubos a la altura de la boquilla de entrada y/o de salida.



 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 8 DE 45</b>
--	---	---

**6.26. Prensaestopas (packing gland).** Elemento complementario del anillo de prueba para cabezales flotantes tipo S o T.

**6.27. Presión diferencial.** Valor de presión que indica la diferencia entre los valores de presión lado envolvente y presión lado tubos.

**6.28. Presión de Diseño.** Es la presión a la que se debe efectuar el diseño mecánico de los elementos sujetos a presión del equipo. Es la presión máxima prevista de operación, esto es la presión de operación normal incluyendo un margen de variación.

**6.29. Proveedor.** Cualquier entidad legalmente constituida cuya actividad sea el diseño, fabricación y suministro de cambiadores de calor.

**6.30. Clase en bridas.** Es el rango nominal de presión de trabajo de las bridas de acuerdo al código ASME B-16.5 o equivalente.

**6.31. Tapa de canal. (Channel cover).** Brida ciega, barrenada, para atornillarse al extremo abierto del canal, con las caras de asiento compatibles para asegurar el sello hermético


**6.32. Tornillo de ojo (eye bolt).** Elemento con forma de armella y cuyo vástago es roscado.

**6.33. Transición semicircular (knuckle transition).** Elemento cuya sección transversal es el segmento de un círculo de radio variable que se emplea para dar continuidad entre una sección cónica y una cilíndrica.

**6.34. Vacío total.** Idealmente, es la ausencia de presión, por lo que el valor de ésta es igual a cero.

## 7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
AISC	American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de construcción de Acero)
ANSI	American National Standards Institute (Estándares del Instituto Nacional Americano)
API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
ASME	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
AWS	American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura)
BWG	Birmingham Wire Gauge (calibre para láminas y alambre)
D.E.	Diámetro exterior
EJMA	Expansion Joint Manufacturers Association (Asociación de Fabricantes de Juntas de Expansión)
HTRI	Heat Transfer Research Institute (Instituto de Investigación de Transferencia de Calor)
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
K	Kelvin.
kg/cm <sup>2</sup>	kilogramos sobre centímetro cuadrado.
lb/pulg <sup>2</sup>	libras sobre pulgada cuadrada.
mm	milímetro
NACE	National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión)
NOM	Norma Oficial Mexicana
NPT	Nacional Pipe Thread (Rosca para tubería).
NRF	Norma de Referencia
Pa	Pascal

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 9 DE 45</b>
--	---	---

PQR	Procedure Qualification Records (Registros de Calificación de Procedimientos)
pulg	pulgada
rad	radian
RMS	Root Mean Square (Raíz media cuadrática)
STPS	Secretaría de Trabajo y Previsión Social.
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association (Asociación de Fabricantes de Cambiadores Tubulares)
WPQ	Welding Procedure Qualification (Calificación de Procedimientos de Soldadura)
WPS	Welding Procedure Specification (Especificaciones de Procedimientos de Soldadura)

Las unidades de medida utilizadas en todos los documentos generados, deben cumplir con los requerimientos de la NOM-008-SCFI-2002 "Sistema General de Unidades de Medida" y cualquier otra unidad de medida debe indicarse entre paréntesis.

## 8. DESARROLLO.

### 8.1. Generalidades.


**8.1.1.** Existen diversos tipos de cambiadores de calor, pero el más comúnmente utilizado en las instalaciones de transformación industrial es el tipo de envolvente – haz de tubos. Este tipo de cambiador de calor consiste en un haz de tubos colocado en el interior de una envolvente cilíndrica, la cual posee dos cabezales ensamblados en ambos extremos: uno de entrada y otro de salida, o bien, uno que hace la función de entrada y salida al mismo tiempo, denominado cabezal de distribución. Por el interior de los tubos circula un fluido y el otro lo hace por el exterior de ellos, es decir, por el lado envolvente. Esto significa que es en el haz de tubos donde se efectúa la transferencia de calor de un fluido a otro a través de la pared metálica que proveen los tubos. La característica principal de estos cambiadores es que pueden tener una área de transferencia muy grande en un diámetro de envolvente relativamente pequeño y, por tal razón, son los de mayor uso en instalaciones industriales donde intervienen procesos de transferencia de calor.

**8.1.2.** Los cambiadores de Calor deben ser diseñados, fabricados y probados de acuerdo a los requerimientos de esta Norma, a los del ASME Sección VIII División 1 o equivalente, a los de la norma ISO-16812-2002, a los del estándar TEMA Clase "R" o equivalente, a menos que se indique otra clase en la hoja de datos, requisición, bases de licitación o planos de fabricación.

Las definiciones requeridas en el Anexo B de la ISO 16812-2002, se encuentran en la Ingeniería Básica o en los anexos de las Bases de Licitación, para el caso de los puntos 7.1.3., 7.7.7, 9.5.6., 9.6.2 y 9.6.5 si no se definen en las Bases de Licitación deben ser definidas por el proveedor, contratista y/o prestador de servicios. Los requerimientos del capítulo 12, de la ISO 16812-2002 aplican cuando se indique en las bases de licitación.

### 8.2. Diseño.

En caso de requerirse el diseño termo-hidráulico, Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios debe proporcionar la información indicada en los renglones 8 al 22, la caída de presión permisible renglón 24 y los materiales de construcción indicados con la letra "P" en la figura 7 Responsabilidad, en la Información de Hoja de Especificaciones y el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe elaborar el diseño termo-hidráulico utilizando el software HTRI o equivalente, entregando la hoja de datos de la figura 7 con toda la información requerida.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 10 DE 45</b></p>
--	--	--

### 8.2.1. Generalidades.

**8.2.1.1** El cambiador de calor debe efectuar, durante su operación normal, el intercambio de calor planeado y/o los cambios de fase de los fluidos indicados en la hoja de especificaciones. También debe cumplir con los casos alternos de operación de acuerdo con los valores de caídas de presión permisibles mostrados en dicha hoja.

La hoja de especificaciones debe contener la información requerida en el formato de la figura 7 anexo 12.7.

El cambiador de calor debe ser diseñado para resistir los esfuerzos mecánicos causados por las cargas indicadas en el párrafo UG-22 del ASME sección VIII división 1 o equivalente y los siguientes factores o condiciones:

- a) Transporte.
- b) Instalación.
- c) Peso del cambiador en operación.
- d) Peso del cambiador lleno de agua.
- e) Prueba hidrostática.
- f) Efectos por temperatura.
- g) Operaciones de arranque, paro y emergencias.
- h) Cargas externas en boquillas.
- i) Cargas locales.
- j) Análisis por viento y sismo.

El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe proporcionar las cargas permisibles en todas las boquillas.

**8.2.1.2** Los cabezales flotantes, incluyendo sus bridas, deben diseñarse para las presiones interna y externa total. Si existe vacío en cualquiera de los dos lados, la presión de vacío debe agregarse a la presión interna del lado opuesto.

**8.2.1.3** Las envolventes, cabezales, tapa de cabezal flotante y otros elementos sujetos a presión externa, deben diseñarse de manera que no requieran de elementos rigidizantes que tengan por objeto disminuir el espesor de estos componentes.

### 8.2.2. Presión de diseño


**8.2.3.1** Las presiones de diseño para ambos lados del cambiador de calor, son las que se indican en la hoja de especificaciones, requisición, bases de licitación y/o planos de fabricación. Cuando no se indique en estas partes, se determinan como se indica a continuación y se deben incluir en la hoja de especificaciones:

La presión interna de diseño debe ser igual al mayor valor de los dos siguientes:

- a) 10% mayor que la presión máxima de operación, y en ningún caso la diferencia entre la presión interna de diseño y la de operación máxima debe ser menor a 206.92 KPa (2.11 kg/cm<sup>2</sup> o 30 lb/pulg<sup>2</sup>).
- b) Disparo de la bomba de alimentación (cuando aplique).

Cuando la presión de operación sea de vacío, la presión interna de diseño será vacío total, en cuyo caso la presión externa mínima de diseño será 101.30 KPa (1.033 kg/cm<sup>2</sup> o 14.7 lb/pulg<sup>2</sup>).



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 11 DE 45</b></p>
--	--	--

La presión usada para el diseño de espejos, partes de cabezales flotantes, tubos y otros componentes sometidos simultáneamente a la acción de ambas presiones (lado envolvente y lado tubos), debe ser el valor de presión de diseño que produzca el mayor espesor del componente involucrado.

### **8.2.3. Temperatura de diseño.**

Las temperaturas de diseño para ambos lados del cambiador de calor, son las que se indican en la hoja de especificaciones, requisición, bases de licitación y/o planos de fabricación. Cuando no se indique en alguna de estas partes, éstas se determinan como a continuación se indica y deben incluirse en la hoja de especificaciones:

- a) La temperatura de diseño para cambiadores de calor que operan igual o por debajo de 273.15 °K (0 °C o 32 °F), debe ser la temperatura de operación mínima esperada.
- b) La temperatura de diseño para cambiadores de calor que operan arriba de 273.15 °K (0 °C ó 32 °F), debe ser el mayor de los dos valores siguientes:
  - Temperatura máxima de operación más un incremento 28 °K.
  - Temperatura mínima de diseño 310.95 °K (37.8 °C).

**8.2.3.1** Para temperaturas mayores a 273.15 °K (0 °C ), la temperatura de diseño de metal para espejos, tubos, partes de cabezal flotante y otros internos sometidos a presión, debe ser igual al mayor valor de temperatura de diseño lado envolvente o lado tubos. Para temperaturas menores a 273.15 °K (0 °C ), la temperatura de diseño de metal de estos componentes será el menor valor de temperatura de diseño lado envolvente o lado tubos.

**8.2.3.2** La temperatura empleada para determinar la expansión térmica diferencial en el diseño de espejos fijos, deben ser las temperaturas de metal lado envolvente y lado tubos. Deben también considerarse en el diseño las condiciones de arranque y paro del cambiador.

### **8.2.4. Tubos.**


Esta norma de referencia aplica exclusivamente para tubos de transferencia con superficie lisa, bajo aletado, rectos o en "U".

El espesor o calibre de tubos, debe ser de pared mínima a menos que se indique otra cosa en la hoja de datos, requisición, bases de licitación o planos de fabricación.

Los tubos empleados en el diseño del cambiador de calor, deben ser únicamente tubos sin costura, a menos que se indique otra cosa en la hoja de datos, requisición, bases de licitación o planos de fabricación.

La manufactura de los tubos de transferencia de calor puede ser terminados en caliente o estirados en frío y el acabado superficial según lo establecido en la especificación bajo la cual se fabrican éstos, deben estar libres de cascarilla e irregularidades y con apariencia de maquinados.

El espesor o calibre de tubos debe cumplir con los requerimientos para presión interna y externa especificados por el código ASME, Sección VIII, División 1 o equivalente y TEMA o equivalente. En el caso de tubos en "U", adicionalmente a lo anterior, debe verificarse el espesor por adelgazamiento de la pared del tubo en la zona del doblez, así como el aplastamiento de la sección del tubo, de acuerdo a los requisitos aplicables del estándar "TEMA" o equivalente.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 12 DE 45</b></p>
--	--	--

Los tubos de transferencia de calor deben cumplir las características establecidas en la tabla D-7 o D-7M, de sección 9 del estándar TEMA o equivalente.

**8.2.4.1** Los tubos con unión tubo-espejo expandida pueden quedar al ras del espejo ó tener una proyección máxima de 3.175 mm (1/8 de pulg), a menos que se indique otra cosa en la hoja de datos, requisición, bases de licitación o planos de fabricación.

**8.2.4.2** En cambiadores que operan en posición vertical que requieran de un drenado total, los tubos se deben ajustar al ras de la cara externa del espejo superior.

**8.2.4.3** Los tubos deben unirse al espejo utilizando soldadura de sello cuando la temperatura de operación del fluido caliente sea de 644.15 °K (371 °C) ó mayor.

**8.2.4.4** Cada tubo en forma de “U” debe fabricarse a partir de una sola pieza. La longitud especificada debe ser la longitud recta desde el extremo del tubo a la línea tangente de la curvatura.

**8.2.4.5** El radio mínimo de doblez de los tubos “U”, debe ser 1.5 veces el diámetro exterior del tubo.

#### **8.2.5. Espejos.**

**8.2.5.1** En el diseño de los espejos debe cumplir con los requerimientos de la PARTE UHX del ASME Sección VIII, División 1 o equivalente o la parte correspondiente al TEMA, sin limitar la obtención del estampado ASME.

**8.2.5.2** Las ranuras de sello en los barrenos del espejo para inserción de los tubos de transferencia, deben cumplir con lo especificado en el párrafo RB-7.44 del TEMA o equivalente.

En caso de que los espejos requieran algún tratamiento térmico, se debe efectuar primero el tratamiento térmico y finalmente el maquinado.

La tolerancia (holgura) entre el diámetro exterior del tubo de transferencia y el diámetro interior del barreno para la unión tubo-espejo, debe cumplir con los requerimientos de la tabla RCB-7.41 o RCB-7.41M del estándar TEMA o equivalente y puede ser tipo estándar o especial cerrada. La holgura especial cerrada debe usarse para:


- Junta tubo - espejo expansionada, al usar tubos de aceros inoxidables austeníticos.
- Junta tubo - espejo con soldadura de sello o soldadura de resistencia.

**8.2.5.3** Se deben maquinar barrenos roscados para al menos 2 tornillos de ojo sobre la cara exterior del espejo estacionario en el haz de tubos desmontable, con objeto de extraerlo de la envoltura. El diámetro de barrenos roscados debe ser tal que la fuerza ejercida para extraer el equivalente a 2 veces el peso del haz no produzca en la raíz de la rosca del material del espejo un esfuerzo actuante superior a su esfuerzo permisible. Durante la operación del cambiador, los barrenos para tornillos de ojo deben estar provistos con tapones roscados de material equivalente al del espejo para protegerlos contra la corrosión.

#### **8.2.6. Mamparas y placas soporte.**

**8.2.6.1** El espesor mínimo de las mamparas o placa(s) soporte debe ser el mayor de los siguientes valores:  
a) espesor mínimo requerido por TEMA o equivalente, ó b) dos veces la tolerancia para corrosión lado



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 13 DE 45</b></p>
--	--	--

envolvente. No obstante, para cabezales flotantes tipos S y T, el espesor de la(s) placa(s) soporte debe verificarse considerando los efectos del peso y momentos generados por el cabezal flotante.

**8.2.6.2** Los cortes horizontales o verticales en las mamparas seccionadas deben localizarse preferentemente como sigue:

- a) Para el arreglo cuadrado de tubos, sobre la parte media del paso
- b) Para los demás arreglos, sobre la línea de centro del paso.

**8.2.6.3** Las mamparas transversales de los cambiadores horizontales deben tener una muesca en forma de "V" de 19.05 mm (3/4 pulg) x 1.570 rad (90°) en la parte más baja de cada mampara, a fin de permitir el drenado total de la envolvente. Cuando el fluido que circula por el lado envolvente se encuentra en fase vapor o gas, se debe realizar una muesca adicional en la parte más alta de cada mampara con objeto de efectuar el venteo de la envolvente.

**8.2.6.4** Para cambiadores con haz desmontables con dos pasos lado envolvente, la mampara longitudinal debe tener un medio que asegure el sello en cada uno de los lados largos de la mampara y que además sea reemplazable. Consiste en un conjunto de láminas flexibles de acero inoxidable austenítico (SA-240), latón (SB-161), monel (SB-127) u otro material adecuado para las condiciones específicas del servicio (Ver Figura.1, anexo 12.1).

**8.2.6.5** Para cambiadores de espejos fijos con dos pasos lado envolvente, la mampara longitudinal debe unirse a la envolvente mediante filetes continuos de soldadura en ambos lados axiales de la mampara.

## **8.2.7. Placa de choque.**

**8.2.7.1** El haz de tubos debe protegerse contra el desgaste por efecto del impacto o erosión del fluido en las áreas de entrada y salida a la envolvente mediante una placa de choque, un cinturón de distribución, o una ampliación de la boquilla (incluida una placa de distribución interna), cuando se requiera como resultado de la aplicación de los criterios definidos en la sección RCB-4.6 del Estándar TEMA o equivalente, o se solicite en las hojas de datos, planos de fabricación, requisición/bases de licitación.


**8.2.7.2** No se permiten placas de choque perforadas o ranuradas.

**8.2.7.3** La placa de choque debe cumplir con lo siguiente:

- a) Ser circular o cuadrada
- b) Con curvatura semejante a la envolvente, o sin ella
- c) El área de flujo limitada por la proyección de la boquilla de alimentación y la altura a la que se debe localizar la placa de choque, debe ser al menos igual al área transversal interna de la boquilla. Para cumplir con lo anterior, las dimensiones mínimas necesarias son las mostradas en la figura 2 del anexo

**8.2.7.4** El espesor mínimo de la placa de choque y de las placas de partición debe ser el indicado por TEMA o equivalente.

**8.2.7.5** La placa de choque debe ser fijada al haz de tubos mediante soldadura continua con los tubos espaciadores. En caso de placas de choque fijas a la envolvente, se deben unir al menos dos extremos opuestos de la placa mediante soldadura con la pared de la envolvente.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 14 DE 45</b></p>
--	--	--

#### **8.2.8. Dispositivos de sello.**

**8.2.8.1** Excepto para envolventes tipo rehervidor (tipo K figura N-1.2 según estándar TEMA o equivalente) se deben instalar, como mínimo, dos dispositivos de sello longitudinales en cambiadores con mamparas transversales cuando la holgura radial entre los tubos de transferencia extremos de cada fila y la pared interior de la envolvente sea como enseguida se muestra:

Holgura radial	Diámetro interior de envolvente
Más de 19.05 mm (3/4 pulg)	Igual ó Menor 685.5 mm (27 pulg)
Más de 25.4 mm (1 pulg)	Mayor a 685.5 mm (27 pulg)

**8.2.8.2** Se deben colocar dispositivos de sello en el espacio libre existente dentro del dobléz de tubos en “U” cuando el plano del dobléz de los tubos sea paralelo al corte de las mamparas, localizando un elemento de sello en cada extremo de la mampara a lo largo de su eje horizontal, y además incluyendo entre ellos otros elementos a cada 3 o 4 hileras de tubos.

**8.2.8.3** Cuando se instalen dos o más dispositivos de sello, éstos deben espaciarse uniformemente, localizando el primer dispositivo entre 1 y 3 hileras de tubos a partir de la línea de corte de la mampara.

**8.2.8.4** Las fajas de sello deben iniciar en la orilla de la mampara y prolongarse en dirección del haz de tubos de manera que el espacio entre el extremo de la faja y el tubo más cercano a ésta no exceda el espacio nominal entre tubos (ver Fig. 3, anexo 12.3).

#### **8.2.9. Haz de tubos.**


**8.2.9.1** El haz de tubos deben construirse utilizando mamparas seccionadas con una posición permanente y sujetas firmemente mediante varillas tensoras y tubos espaciadores. Las varillas se fijan en uno de sus extremos al espejo estacionario mediante barrenos roscados y el otro extremo se sujeta a las mamparas o placas soporte mediante tuerca y contratuerca, las cuales, después del apriete, se fijarán a la mampara o placa soporte por medio de puntos de soldadura.

**8.2.9.2** Las varillas tensoras en el haz de tubos deben localizarse de manera que no interfieran con las hileras de tubos y procurando que su posición coincida con el cruce de las líneas de paso entre tubos.

**8.2.9.3** Para cambiadores conectados en serie, el haz de tubos puede ser diseñado de manera que sean intercambiables.

**8.2.9.4** Cuando se requieren ranuras para alojamiento del empaque en el espejo, la distancia mínima entre el extremo del barreno para el tubo y el extremo de la ranura para el empaque debe ser de 1.6 mm (1/16 pulg) para espejos con unión tubo-espejo expandida y de 3 mm (1/8 pulg) para espejos con unión tubo-espejo con soldadura de sello o de esfuerzo.

**8.2.9.5** Los cambiadores verticales con haz de tubos desmontable y cuyo canal de entrada o distribución está ubicado en la parte inferior del equipo, debe contar con algún medio que asegure que el haz se mantendrá unido a la envolvente cuando el canal inferior sea retirado.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 15 DE 45</b></p>
--	--	--

**8.2.9.6** Los cambiadores con haz de tubos desmontables que pesen 5,450 kg (12,000 lb) o más, deben tener barras para deslizamiento del haz con las siguientes características:

Su longitud debe ser desde el espejo estacionario hasta la última mampara o placa(s) soporte; su forma geométrica y dimensiones deben ser las necesarias para soportar el arrastre del haz de tubos; su contorno debe esmerilarse de manera que quede al ras con el diámetro de las mamparas; su localización debe ser a no más de 30° a partir de la línea de centro vertical de las mamparas; soldadas a cada una de las mamparas, placa(s) soporte y espejo estacionario; cuando las barras de deslizamiento interfieran con algún agujero sobre la envolvente para boquilla, deben ser terminadas en la mampara o placa soporte adyacente a la boquilla.

#### **8.2.10. Envolvente y tapa de envolvente.**

**8.2.10.1** Las tapas conformadas tipo cachucha empleadas en el cambiador de calor, deben diseñarse de acuerdo a lo establecido en los párrafos UG-32 o UG-33 de la Sección VIII división 1 del código ASME o equivalente, según sea el caso. El tipo de tapa se indica en los planos de diseño, hoja de especificaciones, requisición o bases de licitación, si no se indica el tipo, debe suministrarse semielíptica.

**8.2.10.2** Los cambiadores con envolvente tipo rehervidor (tipo K según estándar TEMA o equivalente) y haz de tubos desmontable, deben tener dos barras internas para deslizamiento y alineamiento del haz, soldadas a la parte inferior de la envolvente.

#### **8.2.11. Canal y tapa de cabezal flotante.**

**8.2.11.1** Las placas de partición deben soldarse a la sección cilíndrica, tapa de cabezal flotante y tapa en canal tipo "B" y/o "M" según TEMA, con soldadura de doble filete continuo.

#### **8.2.12. Bridas principales.**

**8.2.12.1** Las bridas principales deben constituir las uniones entre la envolvente, canal, cabezal de retorno y tapa plana (en caso de contar con ella). Estas bridas deben formar un solo elemento con la pared del cilindro mediante una junta de unión soldada.

Las bridas principales deben diseñarse para cumplir con las Reglas para Conexiones Bridadas Atornilladas con empaque tipo anular, de la Sección VIII División 1 del código ASME o equivalente y al párrafo RCB-11 del estándar TEMA o equivalente y lo que se menciona a continuación:


- Ser de acero forjado
- Ser del tipo extensión integral (cuello soldable) o tipo deslizable.
- Los barrenos deben distribuirse uniformemente y estar "a horcadas" con las líneas de centro del cambiador.

**8.2.12.2** Las bridas principales deben tener las caras de sello del tipo para empaque confinado.

**8.2.12.3** Para facilitar el desmontaje de la junta empacada de las bridas principales (y en su caso la unión brida a tapa plana) cuando la separación entre caras adyacentes de bridas (y tapa) sea menor a 4.76 mm (3/16 pulg), se debe realizar lo siguiente:

- a) Por cada junta empacada debe proporcionarse al menos un tornillo cuyo fin es separar ambas bridas, ó
- b) Un bisel de 4.76 mm (3/16 pulg) x 30 grados en la periferia de una de las bridas.



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 16 DE 45</b></p>
--	--	--

- c) Si existiera una alternativa distinta a las anteriores, el proveedor, contratista ó prestador de servicios debe solicitar su aprobación por escrito a PEMEX durante la etapa del concurso en el proceso de licitación.

### **8.2.13. Empaques**

**8.2.13.1** Las esquinas de las venas de empaques enchaquetados donde se alojan las placas de partición, deben tener un radio de 9.53 mm (3/8 pulg).

**8.2.13.2** Las superficies de asentamiento para los empaques de las bridas principales, deben tener un acabado superficial según el tipo de empaque a usar como se especifica en el código ASME B16.5 párrafos 6.4.5, 6.4.5.1, 6.4.5.2, y 6.4.5.3 o equivalente o la tabla 2, punto 9.8.1 de ISO-16812-2002. Para las bridas de boquillas, el acabado superficial en el área de asentamiento del empaque, es de acuerdo a lo especificado en ASME B16.5 o equivalente.

### **8.2.14. Juntas de expansión.**

**8.2.14.1** Los esfuerzos debidos a la expansión térmica en cambiadores de espejos fijos, deben analizarse para determinar el uso de junta de expansión en envolvente, para los casos de operación normal en condiciones limpias, condiciones sucias, arranque y paro, de acuerdo a lo establecido en las hojas de especificaciones, planos de diseño, requisición o bases de licitación. Las juntas de expansión necesarias, deben cumplir con los requerimientos establecidos en el apéndice 26 "Juntas de expansión para recipientes a presión y cambiadores de calor" (Appendix 26, "Pressure vessel and heat exchanger expansion joints") de la Sección VIII División 1 del Código ASME o equivalente.

**8.2.14.2** Las juntas de expansión empleadas en cambiadores de calor, de cabezal flotante, de un paso por los tubos (tipo "S" o "T" según el estándar TEMA o equivalente), instaladas entre la cubierta del cabezal flotante y la cubierta de la envolvente, la cubierta del cabezal flotante con anillo de sujeción bipartido o embridado al espejo, estas juntas de expansión pueden ser a base de fuelles que estén dentro del alcance de la norma EJMA o equivalente. El diseño del conjunto cubierta de cabezal flotante, junta de expansión y cubierta de envolvente, debe incluir algún dispositivo guía que permita un alineamiento rápido y fácil entre la brida de la junta de expansión y su brida compañera unida a la tapa de envolvente. Este diseño también debe indicar uno o más empaques que aseguren el sello tanto en el lado tubos como en el lado envolvente, con objeto de evitar contaminación entre fluidos.


El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe de diseñar la junta de expansión y entregar memoria de cálculo, planos de detalle y ensamble de la misma de acuerdo al servicio solicitado.

### **8.2.15. Boquillas**

**8.2.15.1** La fabricación de boquillas debe hacerse conforme a los requerimientos del código ASME Sección VIII división 1 o equivalente. Las boquillas bridadas deben construirse según las características mostradas en la hoja de especificaciones, o en los planos de diseño (diámetro, clase, cédula o espesor del cuello, tipo de brida y tipo de cara)

**8.2.15.2** Las boquillas no deben proyectarse al interior de la envolvente si interfiere con la remoción o inserción del haz de tubos. Las dimensiones de bridas y sus caras son las especificadas en ASME B16.5 o equivalente. Las bridas que no estén bajo las especificaciones antes mencionadas, deben cumplir los requerimientos del código ASME Sección VIII división 1 o equivalente.

**8.2.15.3** Las boquillas deben tener las siguientes características:

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 17 DE 45</b></p>
--	--	--

- a) Tener brida cuello soldable.
- b) Pueden utilizarse bridas deslizables con las limitaciones siguientes:
  - Para servicios no cíclicos, no sujetos a vacío e hidrógeno libre.
  - Que no rebasen el rango de 2070 KPa (21.1 kg/cm<sup>2</sup> ó 300 lb/pulg<sup>2</sup>).
  - Con temperatura de diseño menor a 573.15 K (300 °C)
- c) La cara de bridas debe ser del tipo cara realzada, a menos que se indique otro tipo de cara en la requisición, hoja de especificaciones, planos de diseño o bases de licitación.
- d) El cuello de la boquilla debe ser de tubo sin costura, placa rolada soldada longitudinalmente o Weldolets forjados.
- e) La longitud de las boquillas debe ser tal que permita desmontar los espárragos desde la parte trasera de la brida, librando al cambiador y en su caso al aislante.
- f) Las uniones cuello a brida y cuello a envolvente (cuerpo) deben ser por medio de soldadura de penetración completa de acuerdo a los requerimientos de la Sección VIII División 1 del código ASME o equivalente.

**8.2.15.4** Para los cambiadores que manejan agua de enfriamiento por el lado tubos y se solicite conexiones para limpieza química de las partes internas del cambiador, estas conexiones deben cumplir con lo siguiente:

Tener un diámetro mínimo de 50 mm (2 pulg).

Tener brida con tapa ciega, incluyendo su empaque y tornillos.

Se deben instalar 2 conexiones: una para la entrada del lado tubos y otra para la salida.

Cuando la boquilla sobre la cual se instala la conexión para limpieza química es de diámetro igual a 101.6 mm (4 pulg) o mayor, la conexión para limpieza química se localizará sobre el cuello de dicha boquilla; en caso contrario, la conexión se instalará sobre el canal del cambiador.


El espesor mínimo permitido de los cuellos de boquillas de acero al carbono debe ser:

Diámetro nominal de boquilla (DNB)	Espesor del cuello
Para DNB ≤ 203.2 mm (8 pulg)	Cédula 80 mínimo
Para DNB ≥ 254 mm (10 pulg)	12.7 mm (½ pulg) mínimo

**8.2.15.5** Las placas de refuerzo de boquillas deben tener un barreno roscado para prueba, de 3.17 mm (1/8 pulg) NPT mínimo localizado al menos a 45° del eje longitudinal del cambiador. Esto aplica para cada placa de refuerzo o segmento de la misma. Las soldaduras para las placas de refuerzo deben probarse con aire a una presión de prueba neumática de 170 KPa (1.75 Kg/cm<sup>2</sup> o 25 psig) y solución de jabón antes de probar el cambiador completo, o a la presión de prueba acordada entre el proveedor, contratista y/o prestador de servicios y PEMEX. Los barrenos de prueba deben dejarse descubiertos para servir como barrenos testigos y se deben rellenar con grasa pesada después de la prueba neumática y antes del embarque.

**8.2.15.6** Cuando los cambiadores están compuestos por varias envolventes conectadas en serie y tengan boquillas bridadas, deben tener la clase ASME B16.5 o equivalente, determinada por la presión y temperatura de diseño de cada envolvente y cada canal. Las bridas de las boquillas de interconexión deben tener la misma clase requerida por la boquilla más crítica.

**8.2.15.7** En cambiadores estacados, con boquillas bridadas de interconexión, deben ser de la misma clase y tipo de cara que las conexiones para la tubería externa, excepto cuando las conexiones de la tubería externa

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 18 DE 45</b></p>
--	--	--

tienen uniones tipo anillo (RTJ), en cuyo caso las bridas de interconexión pueden tener cara realzada, a menos que se especifique de otra manera.

**8.2.15.8** Las boquillas fabricadas con aleaciones resistentes a ambientes corrosivos, pueden construirse usando bridas tipo deslizable de acero al carbono con recubrimiento de aleación en las partes en contacto con el fluido y en las superficies (cara de la brida) para asentamiento del empaque, siempre y cuando se cubran las limitantes del punto 8.2.15.3.

**8.2.15.9** Las conexiones o accesorios para venteo, dren o instrumentos instalados en las boquillas, deben ser coples roscados de 41369.35 KPa (421.85 kg/cm<sup>2</sup> ó 6000 lbs/pulg<sup>2</sup>) que cumplan con los requerimientos de ASME B16.11 o equivalente. En cada conexión roscada se debe instalar un tapón sólido de cabeza redonda, roscada según ASME B16.11 o equivalente y de la misma aleación del cople.

En cambiadores de calor verticales, debe instalarse una conexión para venteo en el espejo superior y otra para drenaje en el espejo inferior. Estas conexiones deben realizarse perforando dos barrenos perpendiculares entre sí que convergen en un mismo punto, localizados sobre la parte media del espesor de los espejos, de tal forma que se comunique la zona por ventear o drenar con el exterior. En la parte exterior de los barrenos se deben colocar tapones roscados.

#### **8.2.16. Espárragos.**

**8.2.16.1** Los Espárragos externos para conexiones, bridas principales de envolvente y canal, deben tener tuercas hexagonales, los cuales deben estar de acuerdo a los requerimientos aplicables del código ASME o equivalente.

#### **8.2.17. Protección contra corrosión galvánica.**

**8.2.17.1** Se deben proteger contra la corrosión galvánica los cambiadores en los cuales se presenten todas las condiciones siguientes:

- El agua de enfriamiento, agua de mar u otro fluido con características electrolíticas circula por el interior de los tubos.
- El espejo y/o los tubos son de cobre y sus aleaciones, mientras que el cabezal es de acero al carbono.
- El diámetro interior del canal es 406.4 mm (16 pulg) o mayor y la longitud del canal es 355.6 mm (14 pulg) o mayor.
- La altura de cada compartimiento en el canal es 203.2 mm (8 pulg) o mayor.


**8.2.17.2** Se deben cumplir los dos siguientes puntos para lograr la protección contra corrosión galvánica:

- Instalar ánodos de magnesio de 203.2 x 203.2 x 101.6 mm (8 x 8 x 4 pulg), uno por compartimiento. Los ánodos deben sujetarse preferentemente a las placas de partición del canal siempre y cuando no se afecte el área de flujo requerida para la circulación del fluido. La colocación del ánodo debe ser tal que la mayor superficie de éste esté en contacto con el fluido (Ver figura 4 anexo 12.4).
- Acondicionar los diversos componentes del canal como lo muestra la Figura 5. ver anexo 12.5

#### **8.2.18. Soportes y orejas de izaje.**

**8.2.18.1** Los cambiadores de calor horizontales deben tener soportes tipo silletas y verticales tipo cartabón. Estos soportes deben ser diseñados considerando los esfuerzos por condición de apoyo y cumplir con los requerimientos aplicables de los párrafos UG-22, UG-54, UG-82 y Apéndice-G de la Sección VIII división 1 del



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 19 DE 45</b></p>
--	--	--

código ASME o equivalente y de los párrafos F-1, F-2, G-7.1, RPG-G-7.11 y RPG-G-7.12 del estándar TEMA o equivalente.

**8.2.18.2** Los soportes tipo silleta deben contar como mínimo con dos barrenos para anclaje en cada soporte, uno de dichos soportes debe llevar barrenos oblongos.

**8.2.18.3** La longitud mínima de los barrenos oblongos debe el diámetro de las anclas más la longitud requerida para desplazamiento por expansión térmica más 8 mm (5/16 pulg). El ancho de la ranura debe ser igual al diámetro del ancla más 8 mm (5/16 pulg).

**8.2.18.4** Las silletas deben estar unidas a la envolvente mediante una placa de respaldo, la cual debe tener las siguientes características:

- Unirse a la envolvente por medio de soldadura continua en todo su perímetro.
- Tener todas sus esquinas redondeadas con un radio mínimo de 25.4 mm (1 pulg).
- Ser de un espesor mínimo de 6.35 mm (¼ pulg).
- Tener barrenos roscados de 6.35 mm (¼ pulg) de diámetro para venteo localizados en la línea de centros vertical.
- La placa de respaldo debe ser de la misma especificación del material de la envolvente.

**8.2.18.5** Para cambiadores de calor estacados, las silletas deben ser como sigue:

- La envolvente del cambiador inferior debe tener una silleta fija y otra móvil.
- Las envolventes de los cambiadores superiores deben tener todas sus silletas fijas.
- Diseñarse de manera que el peso de los cambiadores superiores se transmita directamente a las silletas inferiores, evitando cargas sobre la envolvente y las boquillas.
- Las silletas del cambiador inferior (y en su caso, el intermedio) deben constituirse por dos partes, una inferior y otra superior.
- Se deben proporcionar placas de ajuste para las silletas entre envolventes.

**8.2.18.6** Los cambiadores verticales deben contar con al menos dos soportes tipo cartabón para asegurar su instalación en posición vertical y evitar desplazamiento oscilatorio. Se debe indicar el diámetro, dimensión y orientación de los barrenos oblongos, requiriéndose dos como mínimo para cada punto de apoyo del soporte.


**8.2.18.7** Se deben instalar dos orejas de izaje en los siguientes componentes desmontables: canal y bonete. Estas orejas deben estar localizadas a 45° a cada lado de la línea de centro vertical del cambiador y sus dimensiones deben cumplir con los criterios de diseño establecidos en los párrafos G- 7.2. y RGP-G-7.2 del Estándar TEMA o equivalente.

**8.2.18.8** Se debe instalar una oreja de izaje en la tapa del cabezal flotante y en la tapa de canal con las mismas dimensiones indicadas en el inciso anterior, pero debe estar localizada en la parte superior de la línea de centro vertical del cambiador.

## **8.2.19. Materiales.**

### **8.2.19.1 Generalidades.**

**8.2.19.1.1** Todos los materiales de construcción para los componentes del cambiador de calor deben especificarse de acuerdo a la Sección II del código ASME o equivalente y mostrarse en la hoja de especificaciones y/o planos de diseño. Los materiales se deben seleccionar de tal forma que se obtenga un diseño que cumpla con las condiciones particulares del servicio.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 20 DE 45</b></p>
--	--	--

**8.2.19.1.2** Se pueden hacer excepciones al párrafo anterior cuando Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios especifique materiales o aleaciones de su preferencia o que no estén comprendidos en el código. En tal caso, el proveedor, contratista o prestador de servicios debe aplicar lo especificado en el párrafo UG-10 para obtener las características y propiedades de quien suministre dichos materiales, para que en caso de requerirse, se verifiquen todos los cálculos y el origen de las propiedades.

**8.2.19.1.3** Todos los materiales empleados en la construcción del cambiador deben ser nuevos.

**8.2.19.1.4** En esta sección, donde se menciona alguna especificación de material como mínima significa que puede usarse el material indicado u otro con mejores características respecto a resistencia a la corrosión, resistencia a la tensión, etc. En este mismo sentido se utiliza la expresión igual o equivalente.

**8.2.19.1.5** Para los componentes sujetos a presión de cambiadores de calor de acero al carbón con temperaturas de diseño de 244.35 °K (-28.8 °C o -20 °F) hasta 672 °K (398.88 °C o 750 °F), se deben usar, las siguientes especificaciones de material:

Placas: SA-515 o SA-516, cualquier grado.

Tubo de transferencia: SA-179 sin costura.

Tubo de cédula: SA-106-B sin costura.

Forjas: SA-105, excepto que para espejos y canales se debe utilizar SA-266 grado 2 ó 4.

Accesorios soldables: SA-234-WPB.

El material especificación SA-516 es aceptable como sustituto del SA-515, SA-285 y SA-283

En bridas de boquillas el material especificación SA-105 es aceptable como sustituto del SA-181

**8.2.19.1.6 No se permite el uso de:**

- Aceros SA-36 o SA-283 para elementos que estarán unidos a componentes del cambiador cuyas temperaturas de diseño son mayores a 616.48 °K (343.33 °C o 650 °F).
- Partes o componentes fabricados con materiales fundidos de hierro o acero.

**8.2.19.2 Tubos.**

**8.2.19.2.1** Los tubos en "U" de aceros inoxidables austeníticos deben ser de bajo carbono ó estabilizados químicamente.

**8.2.19.3 Bridas.**


**8.2.19.3.1** Todas las bridas empleadas en el cambiador deben ser de acero forjado. Esto incluye las bridas principales, de cabezal flotante, de boquillas, para conexiones diversas, ciegas.

**8.2.19.3.2** Las bridas para boquillas de acero al carbono forjado deben utilizarse a temperaturas no mayores a 673.15 °K (400 °C o 750 °F)

**8.2.19.4 Empaques.**

**8.2.19.4.1** Los materiales para los empaques encaquetados empleados en el cambiador deben ser los que se muestran en la hoja de especificaciones y/o en los planos de diseño. De lo contrario, el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe seleccionar los materiales del relleno y/o del metal de revestimiento de los



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 21 DE 45</b></p>
--	--	--

empaques para las condiciones más críticas del servicio, las que son definidas por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios y ser aprobados por escrito por éste.

**8.2.19.4.2** No se permite el asbesto como material para empaques o relleno de empaques revestidos con metal.

**8.2.19.4.3** Excepto para empaques revestidos con latón, todos los materiales para revestimiento de empaques deben estar en la condición de recocido.

**8.2.19.4.4** Los empaques de metal sólido y los diafragmas (unidos al componente con soldadura de sello) deben tener los siguientes valores máximos de dureza Brinell:

- 120 para hierro de bajo carbono, acero de bajo carbono y níquel
- 150 para monel 67 Ni – 30 Cu
- 130 para acero 5 Cr – ½ Mo
- 160 para aceros 18 Cr – 8 Ni y 16 Cr – 13 Ni – 3 Mo.

#### **8.2.19.5 Espejos.**

**8.2.19.5.1** Los espejos pueden ser de forja o de placa según sea solicitado por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios y no se permiten espejos hechos de fundición.

#### **8.2.19.6 Boquillas.**

**8.2.19.6.1** Los materiales de las placas de refuerzo y cuellos de boquillas hechos a partir de placa rolada, deben ser como mínimo de la misma calidad y propiedades que el material del componente al cual se unirán.

**8.2.19.6.2** Se permiten boquillas o conexiones construidas de aceros inoxidables austeníticos sólidos (no recubiertos) siempre y cuando el cilindro al que van soldadas sea de acero inoxidable austenítico sólido.

**8.2.19.6.3** Cuando se requieren boquillas con recubrimientos resistentes a la corrosión, se deben fabricar a partir de placa con recubrimiento integral o placa con metal depositado por soldadura.


**8.2.19.6.4** El material del cople debe ser igual o equivalente al componente del cambiador al cual se unirá. El material del cople en cambiadores con materiales recubiertos debe ser de la misma aleación del material de recubrimiento.

**8.2.19.6.5** El material del tapón roscado debe ser igual al material del cople donde se instalará.

#### **8.2.19.7 Tornillería.**

**8.2.19.7.1** El material para espárragos, pernos y las tuercas utilizados en partes sujetas a presión debe ser como mínimo SA-193-B7 y SA-194-2H respectivamente.

**8.2.19.7.2** A menos que se indique de otra manera en la hoja de especificaciones del cambiador y/o en los planos de diseño, los espárragos o tornillos exteriores deben estar conforme a las especificaciones en la NRF-027-PEMEX -2001, como se muestra en la siguiente tabla:

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 22 DE 45</b></p>
--	--	--

Temperatura de diseño, °K (°F)			Material de espárrago	Material de tuerca
23.15 (-418)	a	72.15 (-330)	SA-320-B8 Clase 2	SA-194-8MA o SA-194-8TA
73.15 (-328)	a	232.15 (-42)	SA-320-L7	SA-194-4
233.15 (-40)	a	722.15(840)	SA-193-B7	SA-194-2H
723.15 (842)	a	862.15(1092)	SA-193-B16	SA-194-7
863.15 (1094)	a	1093.15 (1508)	SA-193-B8	SA-194-8

Los espárragos o tornillos internos y sus tuercas deben seleccionarse con base en el material de la envolvente (Sólida o recubierta) como sigue:

Material de envolvente	Material de espárrago	Material de tuerca
Aceros al carbono y aceros de baja aleación hasta 3% Cr	SA-193-B7	SA-194-2H
Acero 5% Cr	SA-193-B5	SA-194-3
Aceros 7 – 17% Cr y aceros inoxidables 18Cr – 8Ni (todos los tipos)	SA-193-B8	SA-194-8
Monel	SB-164	Monel

#### **8.2.19.8 Soportes y orejas de izaje.**

**8.2.19.8.1** La especificación del material de las silletas debe ser como mínimo acero al carbono SA-36. La especificación del material de la placa de respaldo que se ubica entre la silleta y la envolvente, debe ser igual o equivalente a la envolvente.


**8.2.19.8.2** La especificación de material para orejas de izaje debe ser igual o equivalente a la especificación de material del componente al que se unirá.

#### **8.2.19.9 Componentes varios.**

**8.2.19.9.1** La especificación de materiales para los siguientes componentes debe ser como se indica a continuación:

- Anillo de prueba: SA-105 o SA-516-70. En caso de que por diseño del anillo sea necesario el uso de prensaestopas, éste debe ser SA-516-70.
- Soportes para placa de identificación y placa de estampado por código: igual al del componente al que se soldarán.
- Tapones cónicos para cancelación de tubos: de la misma aleación del material de los tubos.

**8.2.19.9.2** Cuando se usan recubrimientos de aleación en cabezales con placas de partición, éstas deben ser de material sólido igual al metal de recubrimiento.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 23 DE 45</b></p>
--	--	--

#### **8.2.19.10 Recubrimientos**

**8.2.19.10.1** Los recubrimientos metálicos resistentes a la corrosión para envoltentes, espejos, bridas, canales y otros componentes de los cambiadores de calor deben ser de alguna de las dos clases:

Material base con recubrimiento integral, el cual debe cumplir con los requisitos de las especificaciones ASME SA-263, SA-264 y SA-265

Material base con capa de metal depositado mediante soldadura, el cual debe apegarse a un procedimiento de soldadura calificado de acuerdo a la Sección IX del código ASME o equivalente y la superficie debe maquinarse para su acabado final, de acuerdo a la hoja de especificaciones y/o planos de fabricación.

**8.2.19.10.2** Los espejos deben recubrirse tomando en cuenta las siguientes restricciones:

- El metal de recubrimiento debe estar unido de manera continua e integral al material base.
- Cuando por la naturaleza del servicio los materiales de los componentes del cambiador requieren ser aceros desoxidados, el material base de espejos también debe especificarse como acero desoxidado.
- No se permiten recubrimientos unidos al material base por medio de soldadura de plata o de latón o rolado en caliente.

**8.2.19.10.3** No se permiten recubrimientos por medio de láminas (lining)

**8.2.19.10.4** El espesor mínimo del recubrimiento después de maquinado debe ser como se indica continuación:

- En caras de espejos y tapa plana que llevan ranura, 7.94 mm (5/16 pulg) y en tapas planas sin ranura de 4.8 mm (3/16 de pulg).
- En ranuras para placas de partición de espejos y tapa plana, 3.18 mm (1/8 pulg).
- En superficie interna de envoltente, bridas, canales, carretes, tapa de envoltente y boquillas, 3.18 mm (1/8 pulg)
- En superficie interna o externa de tapa de cabezal flotante, 3.18 mm (1/8 pulg).


**8.2.19.10.5** Cuando se calcula el espesor de los componentes recubiertos sometidos a presión, el espesor del recubrimiento no debe considerarse como parte resistente del material base, sino únicamente como metal disponible para corrosión.

#### **8.2.20. Corrosión permisible.**

**8.2.20.1** Para los componentes del cambiador de calor, la corrosión permisible se debe indicar en la hoja de especificaciones y/o en los planos de diseño.

**8.2.20.2** La corrosión permisible se debe especificar individualmente para el lado envoltente y el lado tubos, debiendo aplicar los correspondientes valores a aquellos componentes en contacto con los fluidos de proceso y que estén sujetos a presión. Los valores de corrosión permisible deben agregarse a los espesores mínimos calculados por presión, de acuerdo a los requerimientos de la Sección VIII división 1 del código ASME o equivalente y del estándar TEMA o equivalente.

**8.2.20.3** En tubos de transferencia, mamparas, placas soporte, dispositivos de sello y espárragos internos, no se debe agregar espesor alguno para corrosión, a menos que la ingeniería básica indique otro requerimiento.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 24 DE 45</b></p>
--	--	--

### **8.3. Fabricación.**

#### **8.3.1. Generalidades.**

**8.3.1.1** Los cambiadores deben fabricarse de acuerdo a los requerimientos del estándar TEMA Clase “R” o equivalente, a menos que se indique otra clase en la requisición, bases de licitación, planos de diseño, hoja de especificaciones.

**8.3.1.2** Los cambiadores completos deben suministrarse con el estampado “U” del código ASME, en el caso de haz de tubos o componentes se debe proporcionar un reporte parcial de datos (Partial Data Report). Cuando el haz de tubos o componentes son fabricados por otro distinto al fabricante del equipo completo, éste debe proporcionarlos con un reporte parcial de datos que se debe incluir en el Reporte de Datos del Fabricante.

**8.3.1.3** La envolvente debe construirse a partir de tubo o placas roladas con las siguientes restricciones:

- a) Cuando se especifique tubo, usar sin costura y, siempre que sea práctico, en un solo tramo.
- b) Cuando se construye a partir de placa rolada, debe tener solo una unión en el sentido longitudinal.
- c) Cuando para la longitud de la envolvente se requiere más de un tramo, se aplican uniones circunferenciales, debiendo localizar las uniones longitudinales fuera de los ejes naturales del cambiador y con un desplazamiento mínimo de 90° una con respecto a otra.
- d) Se debe procurar que cada tramo sea lo más largo posible a fin de reducir la cantidad de soldaduras circunferenciales.
- e) La longitud mínima de cada tramo debe ser 914 mm (36 pulg).

**8.3.1.4** El canal debe construirse a partir de tubo, placa rolada o forja bajo las siguientes restricciones:

- a) Un único tramo de tubo sin costura
- b) Una placa rolada con una sola costura longitudinal
- c) Una pieza forjada o varias piezas forjadas unidas por soldadura.

**8.3.1.5** En cambiadores con varios pasos, las ranuras y placas de partición localizadas en el canal, tapa de canal, espejos y tapa de cabezal flotante, deben estar alineadas de tal manera que se obtenga un ensamble adecuado.

**8.3.1.6** Las bridas de boquillas deben orientarse de tal forma que sus agujeros para espárragos estén “a horcajadas” respecto a los ejes principales del cambiador.


**8.3.1.7** A menos que se establezca de otra manera, el fabricante no está obligado a suministrar los materiales aislantes que el cambiador requiere para su funcionamiento.

**8.3.1.8** Los extremos de las placas o tubos utilizados para la fabricación de los componentes que hayan sido cortados (por medio de flama, sierra, etc.), deben ser terminados mediante operaciones de maquinado.

**8.3.1.9** Las tapas de envolvente y cabezales pueden ser de dos tipos:

- a) Por fabricación en línea, según disponibilidad en el mercado
- b) Mediante proceso de formado a partir de una sola pieza (soldada o no). Los espesores de estos componentes después del formado no deben ser menores a sus espesores mínimos calculados.



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 25 DE 45</b></p>
--	--	--

**8.3.1.10** La reducción del espesor de pared de los tubos en unión tubo-espejo tipo expandida, después de rolada es de acuerdo a los valores permisibles de la siguiente tabla.

Reducción de pared permisible para juntas tubo-espejo expandidas (roladas)

Material	Reducción de espesor pared del tubo
Acero al carbón y acero baja aleación	4 a 6 % *
Acero inoxidable y aceros alta aleación	6 a 8 % *
No-ferrosos	4 a 5 % *
* El límite superior puede ser incrementado hasta en 2%, si lo aprueba el solicitante	

**8.3.1.11** Las pruebas con presión (hidrostáticas o neumáticas) requeridas por los párrafos UG-99 UG-100 de la Sección VIII División 1 del código ASME o equivalente, deben aplicarse manteniendo la presión durante una hora como mínimo.

**8.3.1.12** Antes de iniciar las pruebas con presión, es necesario limpiar todas las superficies internas del cambiador mediante diversos métodos (cepillado, limpieza a vacío, etc.) de manera que el interior del equipo no contenga cascarilla suelta, polvo, residuos de soldadura y fundente, pedazos de electrodos o cualquier basura. Las sustancias que se utilicen en la limpieza deben ser inofensivas para los materiales y, en caso de requerirse, deben neutralizarse. Los cepillos de alambre empleados en componentes de aceros inoxidables austeníticos deben ser también de acero inoxidable, y no deben utilizarse para otros materiales.

## 8.3.2. Expediente técnico.

**8.3.2.1** Una vez concluida la fabricación del cambiador y al momento en que se haga la entrega definitiva de éste, el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe proporcionar a Petróleos Mexicanos y organismos Subsidiarios un expediente técnico del equipo, el cual estará organizado en una carpeta con índice, cuya portada contendrá los datos de identificación del cambiador, del proyecto y del fabricante.

El expediente debe contener como mínimo los siguientes documentos que incluyen los datos, información y firmas necesarias.

Memoria de cálculo del diseño termo-hidráulico (cuando aplique), (Datos de entrada y resultados obtenidos del software utilizado HTRI o equivalente).

Hojas de especificaciones.

Memoria de cálculo del diseño mecánico-estructural mediante el uso del software "TEAMS" de ASPEN o equivalente.

Planos de fabricación (como están contruidos).

Memorias de cálculo, planos y demás documentos establecidos en la NOM-020-STPS-2002, para obtener el permiso correspondiente.

Reporte de datos del fabricante para el recipiente a presión, los cuales deben incluir los formatos (U-1, U-1A, U-2, U-2A, U-3 y U-4) que apliquen del Apéndice W del código ASME, Sección VIII, División 1.

Copia de los Certificados de calidad de los materiales de construcción, incluyendo al inicio de esta sección una lista de identificación de los mismos, conteniendo como mínimos los siguientes datos:


Descripción del componente.

Especificación de material

Marca(s) de identificación

Número de certificado

Observaciones.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 26 DE 45</b></p>
--	--	--

Mapa de soldaduras.

Procedimientos de soldadura y calificación de los procedimientos (WPS y PQR).

Lista de soldadores y sus registros de calificación (WPQR)

Reportes de las siguientes pruebas (según aplique en cada caso particular):

Reportes de inspección con radiografías.

Reportes de inspección con líquidos penetrantes.

Reportes de inspección con ultrasonido.

Reportes y gráficas de pruebas con presión (hidrostáticas y neumáticas).

Reportes de inspección con partículas magnéticas.

Reportes de inspección visual.

Reportes de inspección dimensional.

Otros reportes:


Reportes de gráficas de tratamientos térmicos.

Copia de la placa de identificación del cambiador.

Reportes de pintura y acondicionamiento.

**8.3.2.2** Los planos de diseño elaborados para la fabricación de los cambiadores de calor, deben apearse al sistema de unidades establecido en la norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-2002 y cualquier otra unidad de medida debe indicarse entre paréntesis y contener la información requerida en los incisos del párrafo 6.1.1 de la norma ISO-16812-2002, siendo estos:

- a) Servicio, identificación del equipo, nombre de la planta y localización, número de orden del comprador y otros números especiales de identificación.
- b) Presión de diseño, presión de prueba, temperatura de diseño, temperatura de metal mínima de diseño.
- c) Presión de trabajo máxima permisible (MAWP) en la condición de corroído y a la temperatura de diseño para lado envolvente y lado tubos.
- d) Tamaño de las conexiones, localización, orientación, proyección, dirección del flujo y si es bridado, clasificación de presión y tipo de cara.
- e) Medidas de los coples, clasificación de presión y orientación.
- f) Dimensiones, localización y orientación de soportes, incluyendo los barrenos circulares y oblongos para anclaje y arreglo de los equipos estacados.
- g) Dimensionamiento general del cambiador de calor.
- h) Claros para extracción del haz de tubos.
- i) Peso del cambiador de calor, vacío y lleno de agua, y del haz de tubos.
- j) Corrosión permisible, especificada para cada lado del cambiador de calor.
- k) Referenciar el código aplicable y especificaciones del comprador.
- l) Requerimientos de tratamientos térmicos posteriores a la soldadura.
- m) Requerimientos de inspección radiográfica.
- n) Requerimientos de pruebas de impacto para los materiales.
- o) Requerimientos para preparación de superficies y pintura.
- p) Materiales de empaques.
- q) Espesor del aislamiento (cuando aplique).
- r) Localización de la junta de expansión, distribuidores de vapor, y algunos otros componentes especiales o cerramientos (closures)
- s) Localización y orientación de la placa de identificación, orejas de izaje, sujetador de tierra y otros aditamentos.
- t) Localización del centro de gravedad del cambiador de calor.

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 27 DE 45</b>
--	---	--

u) Fuerzas y momentos en conexiones.

### **8.3.3. Tolerancias.**

**8.3.3.1** Las tolerancias dimensionales deben estar de acuerdo con el estándar TEMA o equivalente y el código ASME, Sección VIII, División 1, o equivalente. Si es necesario emplear tolerancias especiales, previa aprobación por escrito de Pemex y Organismos Subsidiarios y éstas deben indicarse en los planos de diseño o de fabricación.

### **8.3.4. Planos de fabricación.**

**8.3.4.1** El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe elaborar los planos de fabricación o de taller, sin embargo cuando Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios suministre el diseño, el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe elaborar estos planos basándose en los proporcionados; cualquier cambio, debe ser aprobado por escrito por el área usuaria e incluirse en los planos.

### **8.3.5. Eliminación de aristas.**

**8.3.5.1** Se debe desbastar todos los agujeros en las mamparas, placas soporte y en las líneas de corte de las mamparas, a fin de eliminar las aristas afiladas.

**8.3.5.2** En todos los componentes del cambiador se deben eliminar las rebabas y matar filos.

### **8.3.6. Soldadura.**

**8.3.6.1** Las juntas soldadas deben cumplir con los requerimientos aplicables establecidos en el código ASME, Sección VIII, División 1, y Sección IX o equivalente.

**8.3.6.2** Las uniones (longitudinales y circunferenciales) clasificadas como categoría A y B respectivamente de acuerdo al párrafo UW-3 de la Sección VIII División 1 del código ASME o equivalente, para resistir presión, deben efectuarse por medio de soldaduras a tope de penetración completa. Esto puede lograrse mediante una unión soldada a tope con un solo bisel o una unión a tope con doble bisel.

**8.3.6.3** Todas las soldaduras deben realizarse por soldadores calificados para cada tipo particular de material y proceso de soldadura, cumpliendo con los requerimientos de la Sección IX del código ASME o equivalente.


**8.3.6.4** Se deben localizar las soldaduras longitudinales y circunferenciales en tal forma que éstas no interfieran con boquillas, silletas, etc. La ubicación y características de las soldaduras deben mostrarse en el dibujo de fabricación.

**8.3.6.5** La separación mínima entre soldaduras de partes o componentes sujetos a presión en cilindros (envolvente, canal, carrete) y cualquier otra soldadura (placa de refuerzo, boquilla, etc.) debe ser 5 veces el espesor del cilindro.

**8.3.6.6** Las uniones de las conexiones a envolvente y cabezales deben realizarse insertando la conexión en la pared del cilindro y aplicando soldadura de penetración completa.

**8.3.6.7** En las uniones soldadas donde se hayan utilizado placas de respaldo, éstas deben retirarse después de terminar el proceso de soldadura.



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 28 DE 45</b></p>
--	--	--

**8.3.6.8** En cambiadores con haz de tubos desmontables, las soldaduras longitudinales o circunferenciales en la envolvente del cambiador que pudieran obstruir el libre desplazamiento del haz de tubos, deben esmerilarse al ras con la superficie interna del cambiador.

**8.3.6.9** Se permite la aplicación de soldadura por el método de arco sumergido bajo las siguientes condiciones:

- a) Se prohíbe la reutilización del fundente.
- b) Se debe tener un procedimiento calificado que cumpla con el código ASME sección IX o equivalente.

**8.3.6.10** Todos los accesorios internos y externos deben unirse con soldadura continua, excepto donde exista interferencia con soldaduras longitudinales o circunferenciales de la envolvente del cambiador.

**8.3.6.11** Todas las conexiones deben estar al ras con la superficie interna de la parte a presión a la que van unidas. En boquillas, la arista interna del cuello debe redondearse con un radio de 3.18 mm (1/8 pulg).

**8.3.6.12** Los coples soldados a tope con las superficies externas de la envolvente, canal o boquillas del cambiador deben instalarse concéntricamente en el agujero hecho en la pared del cilindro; la excentricidad no debe ser mayor a 1.59 mm (1/16 pulg). El barrenado debe efectuarse en la pared mediante taladrado o corte con flama y rimado. Si se utiliza corte con flama y rimado, el acabado de la perforación debe ser semejante al de un barrenado taladrado y estar libre de rebabas, escoria y chisporroteo del oxi-corte.

**8.3.6.13** Las placas de choque deben fijarse a los tubos espaciadores o a la envolvente por medio de soldadura continua. Los dispositivos de sello y las barras de deslizamiento deben unirse a las mamparas y/o placas soporte mediante cordones de soldadura.

Para las boquillas que requieren placa de refuerzo, se deben efectuar dos soldaduras:

- Una, para unir la placa de refuerzo con la pared del cuello de la boquilla, la cual debe ser soldadura de penetración completa y filete de refuerzo (cuando aplique).
- Otra, para unir la periferia de la placa de refuerzo con el cilindro, la cual debe ser filete continuo de soldadura, con un espesor de 0.7 del espesor de la placa de refuerzo.


### **8.3.7. Tratamiento térmico**

**8.3.7.1** El relevado de esfuerzos debe cumplir con los requerimientos de la Sección VIII División 1 del código ASME o equivalente y deben indicarse en la hoja de especificaciones del cambiador y/o en los planos de diseño.

**8.3.7.2** Cuando se especifique en los documentos de la licitación, los dobleces en "U" de tubos de transferencia de acero al carbón, aceros de baja aleación, aleaciones de cobre y monel, deben relevarse de esfuerzos después de formar los dobleces.

**8.3.7.3** Los tubos en "U" de aceros inoxidables austeníticos y químicamente estables deben tratarse térmicamente con un recocido de solubilización para eliminar los esfuerzos residuales y los efectos de endurecimiento local por trabajo mecánico, originados por la operación de doblado en frío o en caliente de los tubos. El tratamiento térmico debe efectuarse de acuerdo a los requerimientos definidos en el párrafo 6 de la Esp. SA-213 de la Sección II Parte A del código ASME o equivalente, y puede efectuarse aplicando los métodos de inducción o calentamiento con resistencias.



 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 29 DE 45</b>
--	---	--

**8.3.7.4** Cuando en la hoja de especificaciones o en los planos de diseño del cambiador se indique que es necesario estabilizar térmicamente los tubos de transferencia de aceros inoxidables tipos 321 y 347, la estabilización se debe realizar a una temperatura mínima de 1172.15 °K(899 °C (+ 6 °C / - 0 °C) [1650 °F (+ 10 °F / - 0 °F)]) durante 2 horas como mínimo, continuando con un enfriamiento a la intemperie.

**8.3.7.5** El tratamiento térmico de la soldadura entre diferentes materiales debe realizarse con base en el material que necesite cumplir con los requisitos más estrictos.

**8.3.7.6** En las bridas principales del cambiador, el maquinado de las caras para asentamiento de empaques debe efectuarse después de aplicar el relevado de esfuerzos.

### **8.3.8. Inspecciones y pruebas.**

#### **Generalidades**

Las inspecciones y pruebas tienen el propósito de asegurar que los cambiadores de calor son construidos conforme a los requisitos especificados en los documentos de solicitud y a los planos y dibujos aplicables.

Durante el proceso de fabricación, el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe de efectuar todas las inspecciones y pruebas derivadas de la aplicación de esta norma, los códigos de fabricación requeridos en los documentos de solicitud para la adquisición de cambiadores de calor y los planos y/o dibujos referidos. El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe elaborar los registros del resultado de las inspecciones y pruebas, los que deben de integrarse al expediente técnico de los equipos y que son la evidencia del cumplimiento de las especificaciones.

Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios se reserva el derecho de efectuar las inspecciones y pruebas que considere necesarias en las instalaciones del proveedor, contratista y/o prestador de servicios, ya sea directamente o a través de un tercero durante el proceso de fabricación de los equipos y éste le debe dar las facilidades necesarias para que se realicen estas actividades, así como proporcionarle los documentos que solicite, para verificar la correcta aplicación de los requisitos y especificaciones de esta norma en las actividades de diseño, selección de materiales, fabricación, inspección y pruebas, y embarque de los cambiadores de calor.


Las inspecciones de los cambiadores de calor y/o sus componentes, durante el proceso de recepción en las instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, se realizan de acuerdo al nivel de inspección especificado en el contrato de adquisición conforme a los requerimientos establecidos en la norma de referencia NRF-049-PEMEX-2001. En el caso de no haberse indicado el nivel de inspección, éste debe considerarse con un nivel III.

#### **8.3.8.1 Inspección radiográfica.**

**8.3.8.1.1** Las inspecciones radiográficas requeridas por el código ASME Sección VIII División 1 o equivalente y adicionales deben indicarse en la hoja de especificaciones del cambiador y/o en los planos de diseño.

**8.3.8.1.2** Además de los requerimientos del código ASME Sección VIII División 1 o equivalente dependiendo del servicio, se debe aplicar como mínimo una radiografía adicional por puntos de acuerdo al párrafo UW-52 a lo siguiente: soldaduras a tope en canal, soldaduras a tope en envolvente (incluyendo la tapa de envolvente, cuando aplique) y soldaduras en canal de retorno.

**8.3.8.1.3** Cuando se especifica radiografiado total, éste se debe realizar en toda la longitud y ancho de los cordones circunferenciales y longitudinales soldados a tope, de acuerdo al párrafo UW-51 de la Sección VIII División 1 y al artículo 2 de la Sección V del Código ASME o equivalente.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 30 DE 45</b></p>
--	--	--

**8.3.8.1.4** Cuando se solicite radiografiado por puntos, además de lo indicado por el código ASME Sección VIII División 1 o equivalente, se debe tomar radiografías de los cordones de soldadura donde exista intersección entre éstos.

**8.3.8.1.5** Cuando se solicite el radiografiado total y existan soldaduras inaccesibles a esta prueba, se debe efectuar la inspección por medio de ultrasonido, líquidos penetrantes o partículas magnéticas, de acuerdo a los artículos 5,6 y 7 respectivamente de la Sección V del Código ASME o equivalente.

### **8.3.8.2 Prueba de ultrasonido.**

**8.3.8.2.1** Las placas con espesor de 101.6 mm (4 pulg) y mayores, previo a cualquier proceso de fabricación, deben inspeccionarse mediante pruebas de ultrasonido de acuerdo con lo señalado en ASME SA-435 o equivalente, previo a cualquier proceso de fabricación.

**8.3.8.2.2** Las placas con recubrimiento integral y espesor total de 9.5 mm (3/8 pulg) y mayores, previo a cualquier proceso de fabricación, deben inspeccionarse mediante pruebas de ultrasonido de acuerdo con lo indicado en ASME SA-578 o equivalente, con un nivel de aceptación C.

**8.3.8.2.3** Las soldaduras para unión de boquillas con las secciones de la envolvente, cabezales o tapas cuyo espesor sea igual o mayor a 50.8 mm (2 pulg), y que no se puedan radiografiar, deben inspeccionarse mediante ultrasonido antes y después de aplicar el tratamiento térmico. También deben inspeccionarse con ultrasonido, las soldaduras de las cubiertas de cabezal flotante.

### **8.3.8.3 Análisis químico.**

**8.3.8.3.1** En los componentes de los cambiadores con recubrimiento por depósito de soldadura, se requiere tomar una muestra del material para confirmar su composición química. Las muestras deben tomarse de la siguiente manera:

- a) Cuando la soldadura se hace por medio de proceso automático, se tomará una muestra de cada parte recubierta del cambiador
- b) Cuando la soldadura sea hecha en forma manual, se tomarán dos muestras de cada parte recubierta del cambiador.


El análisis cuantitativo debe reportar todos los elementos químicos con sus valores correspondientes mostrados en el código ASME, Sección II, parte C o equivalente.

### **8.3.8.4 Prueba hidrostática.**

**8.3.8.4.1** La presión de prueba hidrostática lado envolvente y lado tubos debe ser como lo establece la Sección VIII División 1 del código ASME y estándar TEMA o equivalentes, y se debe indicar en la hoja de especificaciones del cambiador y planos de diseño.

**8.3.8.4.2** El agua a emplear durante la prueba debe ser agua potable con el fin de no causar daño, picadura ni ensuciamiento al cambiador. Después de realizar la prueba, se debe drenar y secar completamente el equipo.

**8.3.8.4.3** Los cambiadores o sus componentes contruidos con aceros inoxidables austeníticos y las partes con recubrimiento de acero inoxidable austenítico, deben probarse hidrostáticamente empleando agua con un contenido no mayor a 5 partes por millón de cloro.

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 31 DE 45</b>
--	---	--

**8.3.8.4.4** Después de las pruebas hidrostáticas, los cambiadores o sus componentes contruidos con aceros inoxidables austeníticos y las partes recubiertas con aceros inoxidables austeníticos no deben secarse con aire caliente.

**8.3.8.4.5** Cuando se solicite por PEMEX, para cambiadores con haz de tubos extraíble y dependiendo del tipo de cambiador, el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe suministrar el anillo de prueba y bridas de prueba necesarias para probar por separado el lado envolvente y el lado tubos del equipo. Esto incluye, cuando aplique, una brida de prueba que se atornillará a la brida del ensamble que aloja al espejo estacionario y anillo de prueba a instalarse en el ensamble del espejo flotante.

**8.3.8.4.6** Para cambiadores de espejos fijos no se requiere anillo de prueba.

#### **8.3.8.5 Prueba neumática.**

**8.3.8.5.1** Cuando no es permitido o factible el uso de un fluido líquido (agua) como medio de prueba, el cambiador debe ser sometido a una prueba neumática de acuerdo al párrafo UG-100 de la Sección VIII División 1 del código ASME o equivalente

#### **8.3.8.6 Prueba de dureza.**

Para cambiadores de calor cuyo servicio es con fluidos que contienen gases amargos (H<sub>2</sub>S), se debe efectuar medición de dureza a los componentes en contacto con estos fluidos de acuerdo a lo indicado en la Norma Internacional ISO 15156-2 y el valor de la dureza no debe exceder de 22 HRC.

#### **8.3.9. Identificación.**

**8.3.9.1** Además de la placa requerida para el estampado del código ASME o equivalente, los cambiadores deben suministrarse con una placa de identificación de acero inoxidable tipo 304, con la información mínima necesaria que se presenta en la figura 6, ver anexo 12.6


**8.3.9.2** En cambiadores de calor verticales, la placa de identificación debe localizarse en la sección cilíndrica por encima de los soportes del cambiador; en cambiadores horizontales, debe localizarse sobre alguna zona de la envolvente. En ambos casos, la placa debe estar totalmente accesible para su lectura visual.

**8.3.9.3** El soporte de la placa de identificación debe estar alejado de la pared cilíndrica del cambiador o del aislamiento (según sea el caso) por lo menos 50.8 mm (2 pulg). El fabricante debe mostrar la localización precisa de la placa en sus planos de taller.

#### **8.3.10. Pintura.**

**8.3.10.1** PEMEX debe definir en las bases de licitación el recubrimiento primario anticorrosivo que se requiere aplicar de acuerdo al medio ambiente en que opera el equipo. En caso de no especificarlo, después de realizar las pruebas e inspecciones requeridas, en todas las superficies exteriores de cambiadores fabricados con aceros al carbono, excepto los asientos de empaques de las bridas, debe aplicarse un recubrimiento primario anticorrosivo en taller, para lo cual debe preparase la superficie con una limpieza a metal blanco, dejándola libre de contaminantes y con un perfil de anclaje según las recomendaciones del fabricante del recubrimiento, que asegure la adherencia en la aplicación del recubrimiento primario RP-4b Inorgánico de Zinc 100% autocurante base solvente, con un espesor total de 75 a 100 micras.



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 32 DE 45</b></p>
--	--	--

**8.3.10.2** El recubrimiento primario anticorrosivo no debe presentar debilitamiento, ampollas, grietas o pérdida de adherencia. Se debe efectuar prueba de adherencia para asegurar la correcta aplicación del recubrimiento anticorrosivo.

**8.3.10.3** El número de orden de compra y la clave del cambiador deben pintarse con letras legibles sobre algún costado de la envolvente de modo que estén visibles. El tamaño de letra debe estar entre 7.5 y 15 cm de alto y de color negro. La pintura que se utilice para este fin en cambiadores construidos con aceros inoxidables austeníticos, no debe tener pigmentos metálicos ni cloruros. A menos que se indique otro requerimiento en las bases de licitación.

#### **8.4. Información mínima requerida con la cotización técnica**

##### **8.4.1. Generalidades**

**8.4.1.1** Cuando se licite la fabricación y se solicite deben incluirse en la cotización las partes de repuesto por cada cambiador (envolvente individual), las cuales pueden ser:

- 2 juegos de empaques
- 2 juegos de ánodos de magnesio (cuando se requieran)
- 5% de espárragos y tuercas de las bridas principales

**8.4.1.2** Debe considerarse en la cotización, cuando aplique, el suministro del anillo y bridas de prueba, incluyendo sus empaques, espárragos y tuercas.

##### **8.4.2. Cotización para diseño termo-hidráulico, diseño mecánico- estructural y fabricación.**

**8.4.2.1** En este caso, el licitante ofrecerá su cotización del diseño termo-hidráulico, mecánico-estructural, fabricación y suministro del cambiador, para lo cual debe basarse en la requisición, esta especificación y demás documentos que le sean entregados para la presentación de su oferta técnica.


La información que el licitante debe generar y presentar es la siguiente:

- a) Hoja de especificaciones de acuerdo al formato de la Hoja de Especificaciones mostrada en la Fig.7 anexo 12.7, misma que debe llenar en los espacios correspondientes.
- b) Memoria de cálculo del diseño mecánico-estructural.
- c) Programa donde se muestren los tiempos de entrega de los siguientes documentos:
  - Hoja de especificaciones
  - Diseño mecánico-estructural.
  - Planos de diseño.
- d) Documentos donde el licitante se compromete a cumplir con lo establecido en la requisición y el tiempo de entrega de los cambiadores y/o componentes dentro del plazo requerido (propuesta técnica).

##### **8.4.3. Cotización para fabricación y suministro.**

**8.4.2.1** En este caso, el licitante ofrecerá su cotización únicamente de la fabricación y suministro del cambiador, para lo cual debe basarse en la requisición, esta norma, planos de diseño y demás documentos que le sean entregados para la presentación de su oferta técnica.

Durante el proceso de licitación, el proveedor, contratista y/o prestador de servicios puede sugerir cambios y/o adaptaciones al diseño proporcionado por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, siempre y cuando

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 33 DE 45</b></p>
--	--	--

hayan sido aceptados y documentados en la junta de aclaraciones, los cuales no deben implicar alteraciones esenciales al proceso o sistema.

En caso de conflicto entre los documentos proporcionados por Pemex y Organismos Subsidiarios, se debe solicitar a Pemex aclaración por escrito durante el proceso de licitación siguiendo la siguiente secuencia de precedencia:

- a) Requisición y/o bases de licitación.
- b) Planos de Fabricación-
- c) Hoja de especificaciones.
- d) Esta Norma de Referencia.
- e) Leyes, Reglamentos y Códigos Federales, Estatales o Locales.
- f) Norma Internacional ISO-16812-2002 (International Standard ISO-16812-2002).
- g) Estándar de la Asociación de Fabricantes de Cambiadores de Calor (Tubular Exchanger Manufacturers Association).
- h) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers), códigos aplicables.
- i) Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute API), Standard 660.
- j) Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials ASTM).
- k) Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society AWS)

La información que el licitante debe generar y entregar es la siguiente:

Documentos donde el licitante se compromete a cumplir con lo establecido en la requisición y el tiempo de entrega de los cambiadores dentro del plazo requerido (propuesta técnica).

## **8.5. Garantías**

### **8.5.1. Generalidades**

**8.5.1.1** Las garantías deben ser especificadas en las bases de licitación y el proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe extenderlas por escrito y cumplirlas. El periodo de garantía mínimo, en materiales, manufactura, ensamble de las partes y desempeño funcional, debe ser de 12 meses en operación normal a contar de la puesta en servicio o 18 meses después de la entrega del equipo o componentes.

**8.5.1.2** El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe garantizar el cumplimiento de los requisitos prescritos por los documentos listados en las referencias, así como con la presente norma.


### **8.5.2. Diseño.**

#### **8.5.2.1 La cobertura de la garantía sobre el diseño debe comprender lo siguiente:**

El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe garantizar el correcto funcionamiento térmico y el diseño mecánico del cambiador de calor, cuando éste es operado a las condiciones especificadas de diseño mostradas en la requisición, bases de licitación, hoja de especificaciones, planos de diseño.

La carga térmica total para las dos condiciones del cambiador (limpio e incrustado)

Las caídas de presión lado envolvente y lado tubos basadas en los valores de flujos indicados en la hoja de especificaciones

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 34 DE 45</b>
--	---	--

El funcionamiento continuo del cambiador cuando opere de acuerdo a lo señalado en la hoja de especificaciones.

La adecuada selección de materiales de construcción con base en las características de los fluidos, presiones, temperaturas, concentración de agentes corrosivos, para ambos lados del cambiador.

Que no se presentarán vibraciones en el cambiador inducidas por el flujo.

### **8.5.3. Fabricación.**

#### **8.5.3.1 La cobertura de la garantía sobre la fabricación debe incluir lo siguiente:**

Los materiales de construcción son los indicados en la hoja de especificaciones y/o planos de diseño

Los materiales de construcción no tienen fallas ni defectos

La aplicación e inspección de soldaduras

Las inspecciones y pruebas dentro del taller

Los trabajos de fabricación

La mano de obra

El estampado por el código ASME o equivalente.

En caso de reparaciones originadas por la aplicación de esta garantía, el costo de la mano de obra y materiales requeridos, así como los gastos de transporte, deben ser con cargo al proveedor, contratista y/o prestador de servicios.

### **8.6. Preparación para embarque.**

#### **8.6.1. Generalidades.**

**8.6.1.1** Los cambiadores deben drenarse y secarse totalmente, estar libres de toda suciedad, salpicaduras de soldadura, rebabas y material suelto tanto por su interior como por el exterior.

**8.6.1.2** Las superficies para asentamiento de empaques en bridas de boquillas deben protegerse con un recubrimiento anticorrosivo soluble al agua antes de colocar las tapas para protección.

**8.6.1.3** Las boquillas que por diseño no requieren bridas ciegas deben cubrirse con tapas protectoras con las siguientes características:


- Deben ser de acero al carbono con espesor mínimo de 6.35 mm (1/4 pulg).
- Las caras de asentamiento del empaque deben tener un acabado de acuerdo a ASME B 16.5 o equivalente.
- Ensambladas con empaques de hule o no-asbestos de 3.18 mm (1/8 pulg) de espesor.
- El número de pernos empleados para sujetar las tapas debe ser como sigue:

Para bridas con hasta 28 agujeros, se debe instalar un perno en uno de cada dos agujeros, pero en ningún caso menos de cuatro pernos.

Para bridas con más de 28 agujeros, se debe instalar un perno por cada cuatro agujeros.

**8.6.1.4** Todas las superficies maquinadas expuestas a la intemperie deben cubrirse con grasa u otros productos de fácil remoción para evitar su oxidación.



 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 35 DE 45</b>
--	---	--

**8.6.1.5** En todas las conexiones roscadas deben instalarse tapones roscados y se debe garantizar el sello por medio del uso de un material adecuado.

**8.6.1.6** Cuando sea requerido por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, antes de su embarque y con objeto de proteger el interior del cambiador evitando que materias extrañas (tales como polvo, agua, aceite, etc.) se introduzcan al equipo y causen problemas de corrosión, suciedad, manchas, etc., los cambiadores deben llenarse con gas nitrógeno de acuerdo a lo siguiente:

El nitrógeno empleado debe ser seco y de calidad comercial.

Estar a una presión mínima de 27.65 KPa (0.282 kg/cm<sup>2</sup> o 4.0 lb/pulg<sup>2</sup>).

Se deben instalar manómetros en las tapas protectoras de las boquillas localizadas en la parte superior de la envoltura y del canal: un manómetro en la boquilla de la envoltura y otro en la del canal. Asimismo, deben instalarse cubiertas metálicas para proteger los manómetros contra daños durante el transporte o almacenamiento, sin que dicha protección dificulte la visibilidad para revisión periódica de los instrumentos.

Se debe pintar con letras legibles sobre un costado y cercano a la línea de centro longitudinal del cambiador la leyenda "EQUIPO PRESURIZADO CON NITRÓGENO. NO DESTAPAR HASTA SU INSTALACIÓN FINAL."

**8.6.1.7** Para los cambiadores relevados de esfuerzos se debe pintar con letras legibles sobre un costado y cercano a la línea de centro longitudinal del equipo la siguiente leyenda: "EQUIPO RELEVADO DE ESFUERZOS. NO SOLDAR O CORTAR."

**8.6.1.8** La pintura que se use para los diversos rotulados en cambiadores contruidos con aceros inoxidables austeníticos no debe tener pigmentos metálicos ni cloruros.

## **9. RESPONSABILIDADES.**

### **9.1. Generalidades**

Se establecen las responsabilidades que se derivan de la aplicación de esta norma tanto para las áreas de PEMEX y Organismos Subsidiarios como para los proveedores, contratistas y/o prestadores de servicios.

### **9.2. Responsabilidades de los proveedores, contratistas y/o prestadores de servicios.**


**9.2.1.** Los proveedores, contratistas y/o prestadores de servicios deben cumplir con los requerimientos especificados en ésta norma, para el diseño, fabricación, inspección, pruebas y preparación para embarque de cambiadores de calor y/o componentes, de acuerdo al alcance de lo solicitado.

**9.2.2.** El proveedor, contratista y/o prestador de servicios debe presentar los certificados de materiales empleados en la fabricación de los cambiadores de calor de los siguientes componentes: envoltura, espejos, tubos de transferencia de calor, cabezales y bridas principales.

### **9.3. Responsabilidades del área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.**

**9.3.1.** Verificar el cumplimiento de esta norma, en la contratación para la adquisición de los bienes objeto de la misma.

**9.3.2.** Verificar que los proveedores, contratistas y/o prestadores de servicios cuenten con personal técnico especializado y con experiencia en el manejo, interpretación y aplicación de esta norma.

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 36 DE 45</b>
--	---	--

**9.3.3.** Verificar el cumplimiento del contrato de adquisición establecido, acordado y firmado por el proveedor, contratista y/o prestador de servicios incluyendo los anexos técnicos respectivos. Los cuales deben cumplir estrictamente los lineamientos marcados por esta norma.

**9.3.4.** Vigilar la correcta aplicación de los requisitos y especificaciones de esta norma, en las actividades de diseño, fabricación, inspección, pruebas y preparativos para embarque de cambiadores de calor.

**9.3.5.** Especificar correctamente la información de proceso necesaria para el diseño del cambiador de calor y proporcionar los datos establecidos responsabilidad de Pemex identificados en la hoja de especificaciones de la Figura 7 anexo 12.7, así como la información complementaria que se requiera de acuerdo a las características y alcance del servicio.

#### **9.4. Responsabilidad de la información.**

**9.4.1.** En la contratación del diseño termo-hidráulico, mecánico-estructural y fabricación de cambiadores de calor.

l) Es responsabilidad de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios proporcionar la siguiente Información

- a) Hoja de especificaciones del cambiador de calor con los datos marcados con la letra P, mostrados en la Figura 7 anexo 12.7 "Hoja de especificaciones de cambiadores de calor."
- b) Gráficas de las curvas de vaporización/condensación de los fluidos, cuando aplique.

La siguiente información es opcional dependiendo del grado de detalle del diseño requerido:

- a) Hoja de materiales de fabricación.
- b) Hoja para observaciones adicionales, croquis esquemáticos.
- c) Hoja de información adicional del proceso.
- d) Hoja de condiciones de diseño de junta de expansión.

l) Es responsabilidad del proveedor, contratista y/o prestador de servicios, elaborar y proporcionar lo siguiente:


- a) Memoria de cálculo del diseño termo-hidráulico (Resumen de datos obtenidos del software HTRI o equivalente utilizado).
- b) Hoja de especificaciones.
- c) Memoria de cálculo del diseño mecánico-estructural.
- d) Planos de diseño, que deben contener la información mencionada en los incisos del párrafo 6.1.1. de la norma ISO-16812-2002, y apegarse al sistema de unidades establecidas en la norma oficial mexicana NOM-008-SCFI-2002.

#### **9.4.2. Cuando se contrate la fabricación de cambiadores de calor:**

l) Es responsabilidad de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios proporcionar la siguiente información:

- a) Hoja de especificaciones.
- b) Planos de diseño.
- c) Información adicional complementaria (códigos y normas de fabricación, especificaciones, requerimientos específicos, cuando aplique.)



 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p><b>PÁGINA 37 DE 45</b></p>
--	--	--

II) Es responsabilidad del proveedor, contratista y/o prestador de servicios elaborar y proporcionar para revisión y aprobación previo a la fabricación:

- a) Memoria de cálculo del diseño mecánico-estructural.
- b) Planos de diseño del fabricante.

III) Es responsabilidad del proveedor, contratista y/o prestador de servicios a la entrega del cambiador de calor en las instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, proporcionar un expediente técnico con la documentación aplicable que se indica en el párrafo **8.3.2.1**

## 10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.

La presente norma concuerda parcialmente con la norma internacional ISO 16812-2002 Cambiadores de Calor Envolvente-Haz de Tubos para la Industria del Petróleo y Gas Natural (Petroleum and natural gas Industries-Shell-and-tube heat exchangers.) y difiere en los siguientes puntos: 7.5.3, 7.6.3.2, 7.7.5b, 7.8.6 y 8.3.2, que no aplican a la presente norma.

## 11. BIBLIOGRAFÍA.

**Stresses in large horizontal cylindrical pressure vessels on two saddle supports**, (Esfuerzos en recipientes a presión horizontales cilíndricos largos en dos soportes de silleta) Pressure Vessel and Piping; Design and Analysis, ASME, 1972.

**Pressure vessel handbook**, (Manual de recipientes a presión) Eugene F. Megyesy, Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc., 1998.

**TEMA** Tubular Exchanger Manufacturers Association [Standards of the] (Estándar de la Asociación de fabricantes de cambiadores tubulares)


**ASME** American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

Section II	Materials (Materiales)
Parte A	Ferrous Material Specifications (Especificaciones de Materiales Ferrosos).
Parte B	Nonferrous Material Specifications (Especificaciones de Materiales no Ferrosos).
Parte C	Specifications for Welding Rods, Electrodes and Filler Metals (Especificaciones de Varillas de Soldar, Electrodo y Metales de Aporte)
Parte D	Properties (Propiedades).
Section V	Nondestructive Examination (Pruebas no Destructivas).
Section VIII	Division 1 Rules for Construction of Pressure Vessels (Reglas de Construcción para Recipientes a Presión)
Section VIII	Division 2 Alternative Rules (Reglas Alternativas)
Section IX	Welding and Brazing Qualifications. (Calificaciones de Soldadura y Soldadura con Latón)
ASME B 16.5	Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings (Bridas de Acero para Tubería y Accesorios Bridados)
ASME B 18.2.1	Square and Hex Bolts and Screws (Inch Series) (Pernos y Tornillos Cuadrados y Hexagonales)
ASME B 18.2.2	Square and Hex Nuts (Inch Series) (Tuercas Cuadradas y Hexagonales)

**ASTM** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)

**AWS** American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura)

**API** American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)

 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b>	<b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0  PÁGINA 38 DE 45</b>
--	---	--

- Standard 660** Shell-and-Tube Heat Exchangers for General Refinery Services (Cambiadores de Calor Envolvente-y-Tubo para Servicios Generales de Refinación)
- RP 941** Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants (Aceros para Servicio de Hidrógeno a Elevadas Temperaturas Presiones en Refinerías y Plantas Petroquímicas)
- RP 945** Avoiding Environmental Cracking in Amine Units (Prevención de Agrietamiento ambiental en Unidades de Amina)

**NACE** National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión)

**MR0175** Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfield Equipment (Materiales Metálicos Resistentes a Rotura por Esfuerzos de Sulfuros para Equipo Petrolero)

**EJMA** Expansion Joint Manufacturers Association (Asociación de Fabricantes de Juntas de Expansión)

**AISC** American Institute of Steel Construction. (Instituto Americano de la Construcción en Acero)

**K-330** Pintura y su procedimiento de aplicación para recipientes y cambiadores de calor en fábrica

**2.411.01** Sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos.

**3.411.01** Preparación de superficies, aplicación e Inspección de recubrimientos para protección anticorrosiva.

**DG-SASIPA-SI-08301** Especificaciones de recubrimientos anticorrosivos para superficies metálicas.

## 12. ANEXOS

- Anexo 12.1 Figura 1 Láminas de sello para mamparas longitudinales
- Anexo 12.2 Figura 2 Localización de sello para mamparas longitudinales.
- Anexo 12.3 Figura 3 Localización de fajas de sello, placa de choque, varillas tensoras.
- Anexo 12.4 Figura 4 Instalación del ánodo de magnesio y dimensiones recomendadas.
- Anexo 12.5 Figura 5 Detalles de la protección contra corrosión galvánica en bridas, empaques y placas de Partición.
- Anexo 12.6 Figura 6 Placa de identificación.
- Anexo 12.7 Figura 7 Responsabilidad en la información de hojas de Especificaciones.



Anexo 12.1

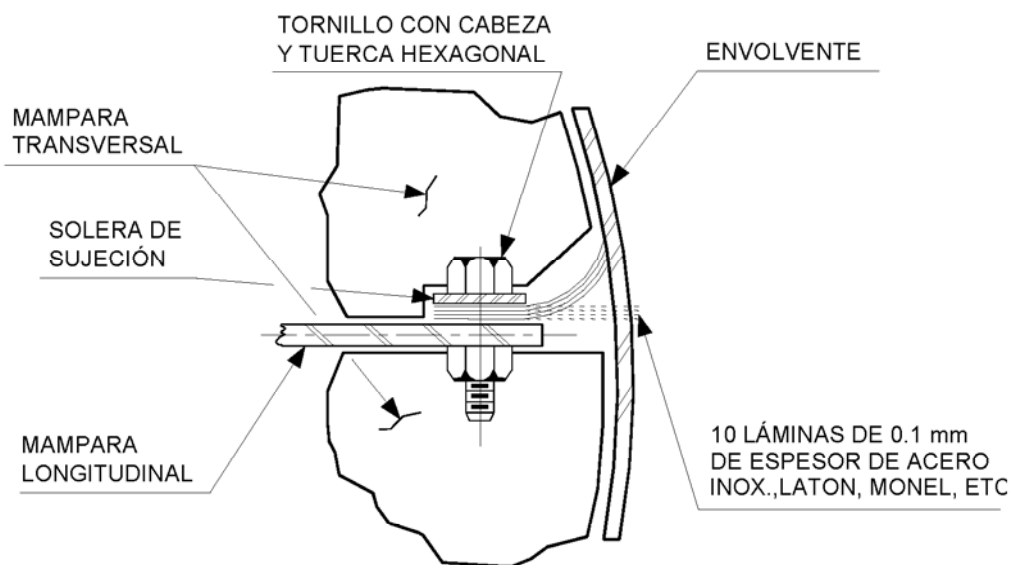


Figura 1 Láminas de sello para mamparas longitudinales.



Anexo 12.2.

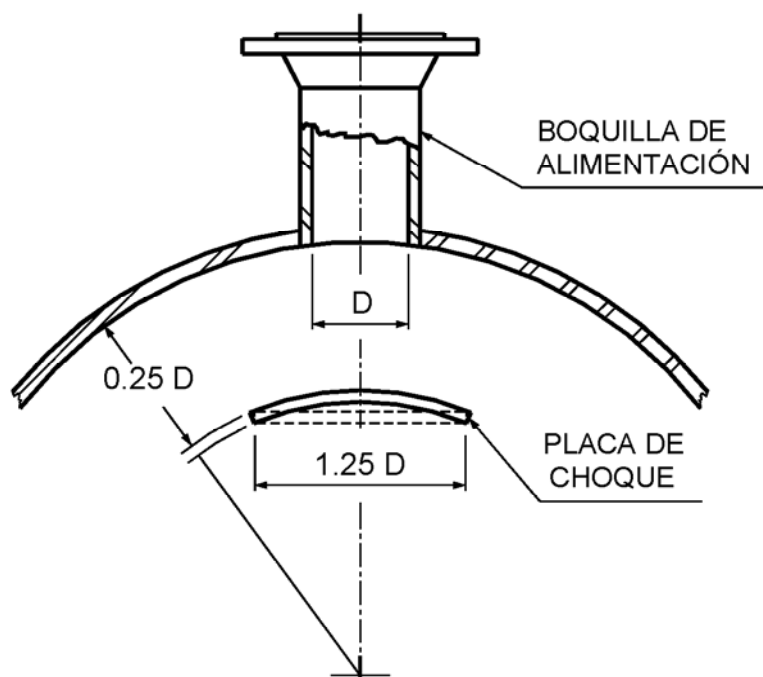


Figura 2 Localización y dimensiones de la placa de choque

Anexo 12.2.

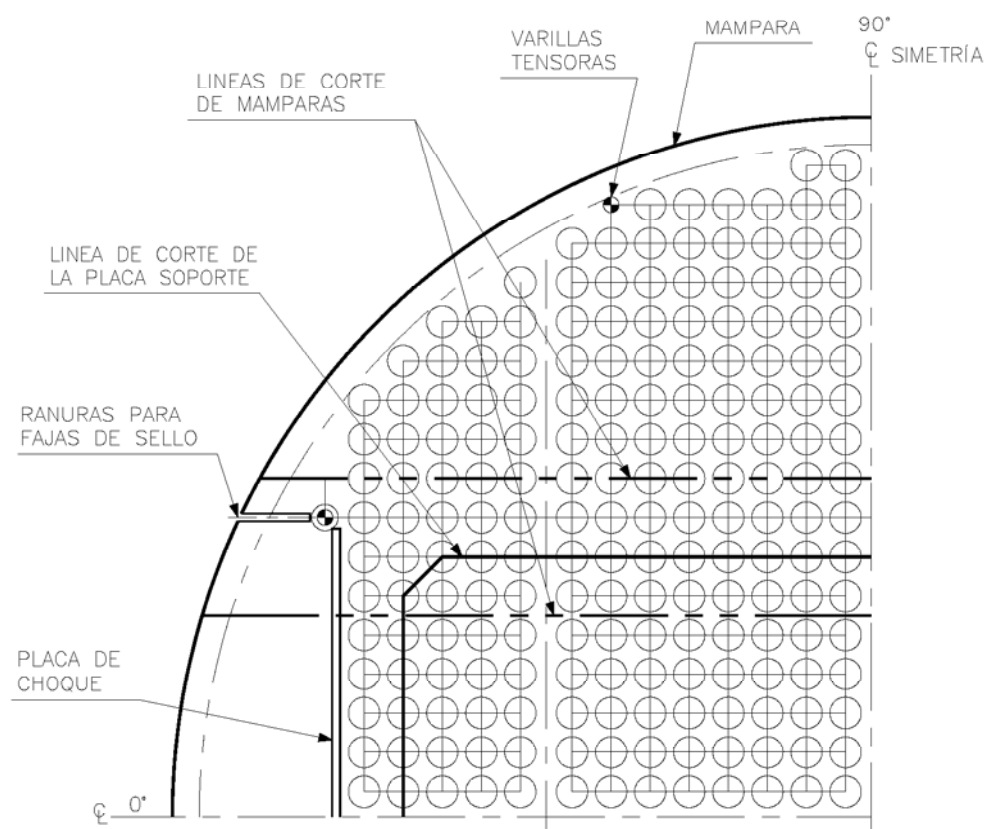


Figura 3 Localización de fajas de sello, placa de choque, varillas tensoras,



Anexo 12.4.

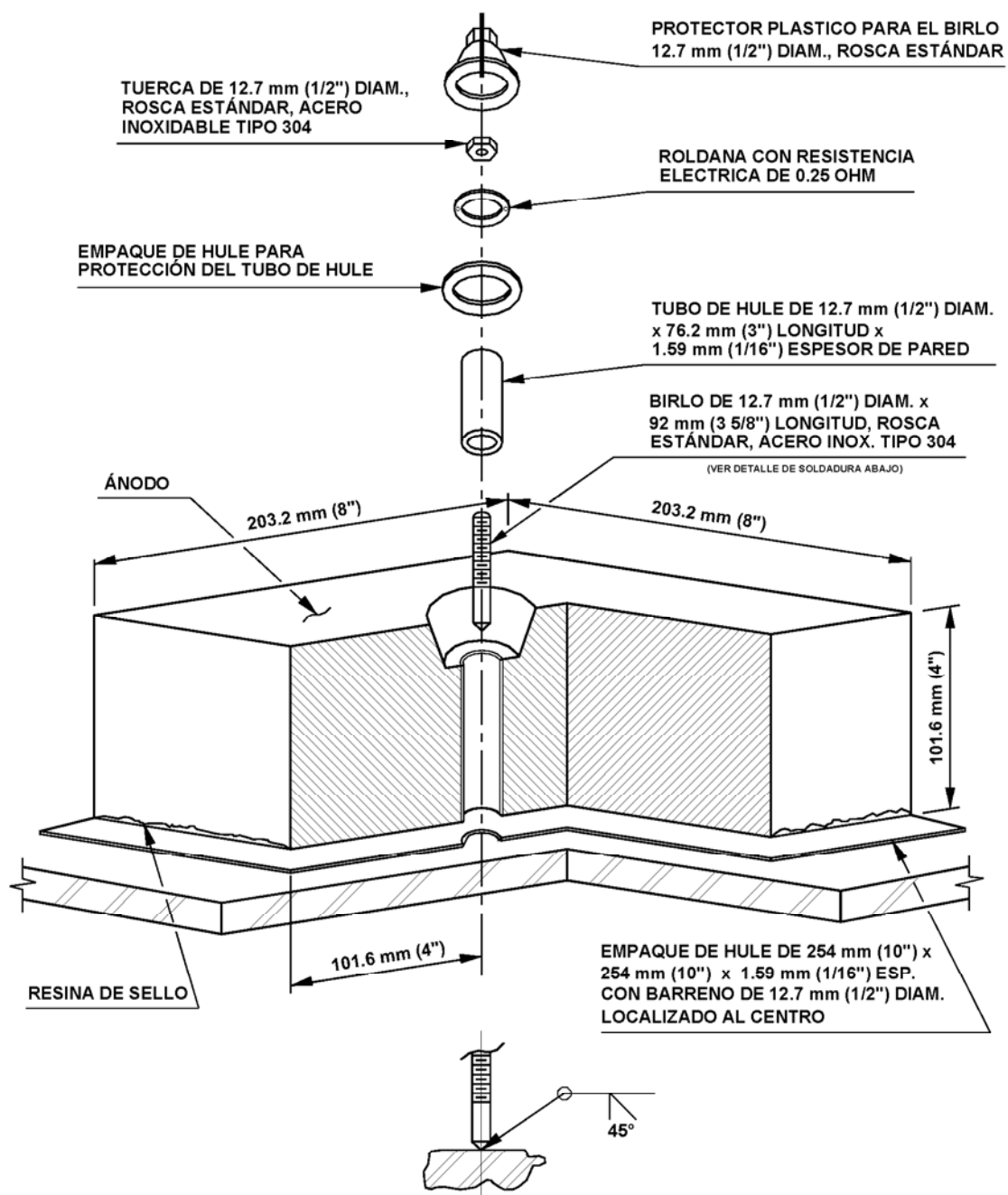


Figura 4 Instalación del ánodo de magnesio y dimensiones recomendadas



Anexo 12.5.

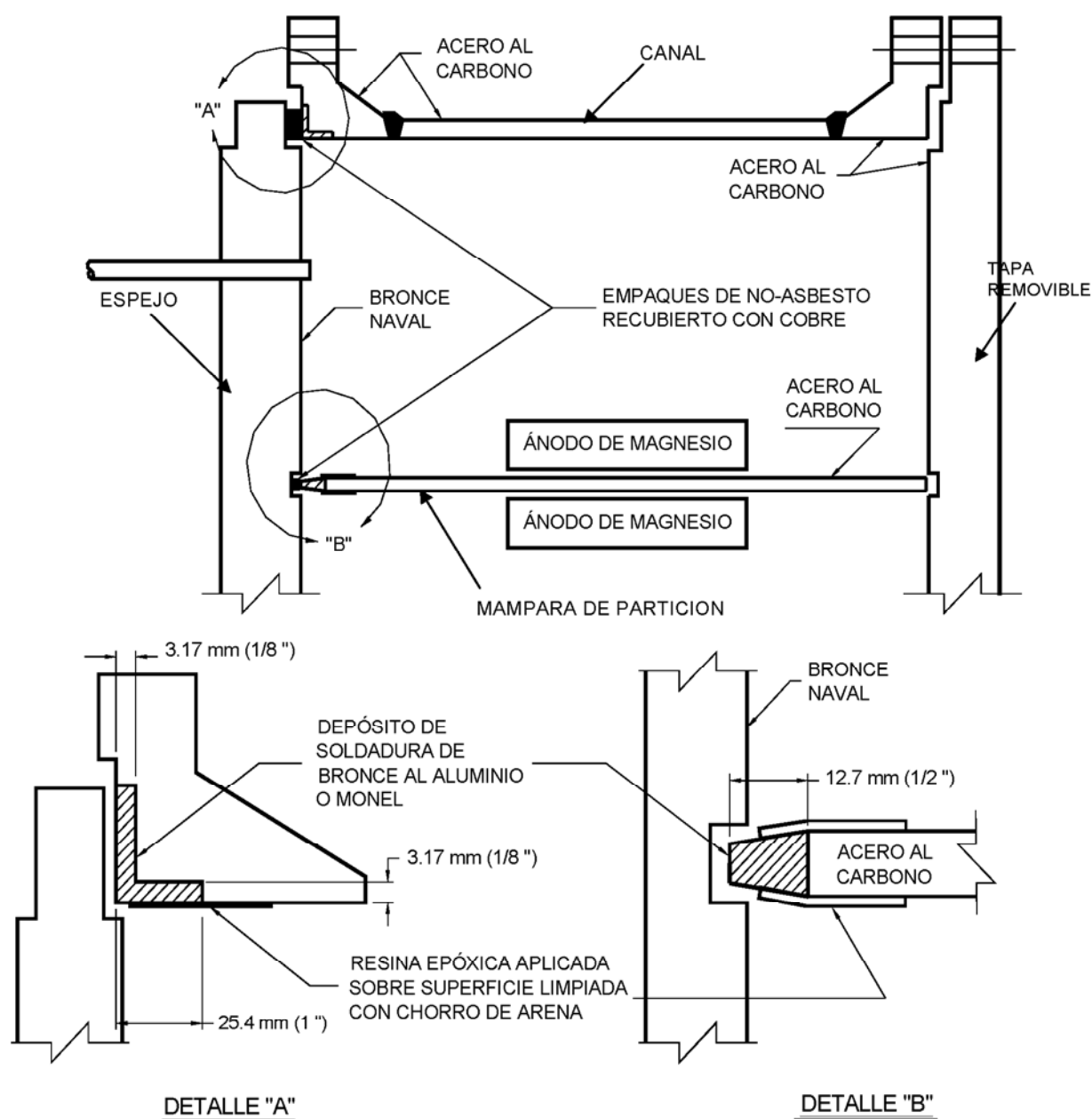




Figura 5 Detalles de la protección contra la corrosión galvánica en bridas, empaques y placas de partición

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p align="center"><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p align="center">No. de Documento <b>NRF-090-PEMEX -2005</b> Rev.: 0</p> <p align="right"><b>PÁGINA 44 DE 45</b></p>
--	---	---

Anexo 12.6.

<b>NOMBRE DEL FABRICANTE</b>					
CLAVE	<input type="text"/>	TIPO	<input type="text"/>	ORDEN DE TRABAJO	<input type="text"/>
		SERVICIO	<input type="text"/>		
PLANTA	<input type="text"/>		LOCALIZACIÓN	<input type="text"/>	
CLIENTE	<input type="text"/>				
		UNIDAD	LADO ENVOLVENTE	LADO TUBOS	
PRESION DE DISEÑO		<input type="text"/> kg/cm <sup>2</sup> (man)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
PRESIÓN DE PRUEBA		<input type="text"/> kg/cm <sup>2</sup> (man)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
TEMPERATURA DE DISEÑO		<input type="text"/> °C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
CORROSIÓN PERMISIBLE		<input type="text"/> mm	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
RADIOGRAFIADO			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
RELEVADO DE ESFUERZOS			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
TUBOS:	CANTIDAD	<input type="text"/>	DIAM.	<input type="text"/> mm	LONG. <input type="text"/> mm
	ESPESOR MÍNIMO	<input type="text"/> mm	PASO	<input type="text"/> mm 	
MAMPARAS:	SEPARACIÓN	<input type="text"/> mm	CORTE	<input type="text"/> %	ÁREA TRANSF. <input type="text"/> m <sup>2</sup>
PESOS (kg):	VACÍO	<input type="text"/>	LLENO DE AGUA	<input type="text"/>	HAZ DE TUBOS <input type="text"/>
CÓDIGOS	<input type="text"/>			TEMA CLASE	<input type="text"/>
FECHA DE FABRICACIÓN	<input type="text"/>		ORDEN DE COMPRA	<input type="text"/>	

Figura 6 Placa de identificación.

 <p><b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b></p>	<p align="center"><b>CAMBIADORES DE CALOR ENVOLVENTE - HAZ DE TUBOS</b></p>	<p align="center"><b>No. de Documento NRF-090-PEMEX -2005 Rev.: 0</b></p> <p align="right"><b>PÁGINA 45 DE 45</b></p>
--	---	---

## Anexo 12.7

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE CAMBIADORES DE CALOR										
1	Cliente	P	Localización	P	Hoja	De				
2	Unidad de Proceso	P	Identificación	P	No. de documento	P				
3	No. de tarea	D	Fabricante	D						
4	Servicio de la unidad	P	No. de unidades	P						
5	Tamaño	D	Tipo TEMA	P	Conectado en:	D	Paralelo	D	Serie	
6	Area efectiva por unidad	D	m <sup>2</sup> Envoltente/unidad	D	Area efectiva por envoltente	D	m <sup>2</sup>			
7	<b>DESEMPEÑO POR UNIDAD</b>									
8										
9	Nombre del fluido	Entrada		LADO ENVOLVENTE	Salida		Entrada	LADO TUBOS	Salida	
10	Cantidad total de flujo de fluido	Kg/h		P	P		P	P	P	
11	Vapor (masa molecular relativa)	Kg/h		P	P	P	P	P	P	
12	Líquido	Kg/h		P	P	P	P	P	P	
13	Vapor de agua	Kg/h		P	P	P	P	P	P	
14	Agua	Kg/h		P	P	P	P	P	P	
15	No-condensables/masa molecular relativa	Kg/h		P	P	P	P	P	P	
16	Temperatura	°C		P	P	P	P	P	P	
17	Densidad (vapor/líquido)	Kg/m <sup>3</sup>		P	P	P	P	P	P	
18	Viscosidad (Vapor/Líquido)	mPa.s		P	P	P	P	P	P	
19	Calor específico (vapor/líquido)	KJ/(Kg.K)		P	P	P	P	P	P	
20	Conductividad térmica (vapor/líquido)	W/(m.K)		P	P	P	P	P	P	
21	Calor Latente específico	KJ/(Kg.°C)		P	@	P	P	@	P	
22	Presión de entrada	Kpa(ga)		P	P	P	P	P	P	
23	Velocidad	m/s		P	D	P	P	D	P	
24	Caída de presión (permisible/calculada)	KPa		P	P	D	P	P	D	
25	Resistencia de incrustación	m <sup>2</sup> .K/W		P	P	P	P	P	P	
26	Coefficiente promedio de película	W/(m <sup>2</sup> .K)		P	P	P	P	P	P	
27	Calor intercambiado	D	KW	Diferencia media de temp. MTD (corregida) (medida)					D	°C
28	Rel. de transferencia de calor (requerido/incr./limpio)	W/(m <sup>2</sup> .K)		D	D	D	D	D	D	
29	pV <sup>2</sup> [Kg/(m.s <sup>2</sup> )] : Boquilla entrada	D	Entrada al haz	D	Salida del haz	D				
30	<b>CONSTRUCCIÓN POR ENVOLVENTE</b>									
31	No. Tubos	D	D.E.	P*	mm	BOQUILLAS-No., Tamaño y Clasificación				
32	Espejo	P*	mm (min./promedio)	P	LADO ENVOLVENTE					
33	Paso	D	mm	Arreglo tubos	P*	Entrada	P*	LADO TUBOS	P*	
34	Longitud	P*	m	Tipo	D	Salida	P*	P*	P*	
35	Unión-tubo-espejo	P*				Intermedio	D	D	D	
36	Diámetro envoltente(DI/DE)	D	/	D	mm	Venteo	P*	P*	P*	
37	Tipo de deflector transversal	D				Dren	P*	P*	P*	
38	Separación:c/c	D	mm	No. de pasos cruzados	D	Presión alivio	D	D	D	
39	% Corte	D				Presión diseño	kPa(ga)	P	P	
40	Tipo soporte de tubo	D				Vacio	kPa(abs)	P	P	
41	Tipo sello deflector long	D				Temp.Diseño (Max/MDMT)	°C	P	/ P P / P	
42	Tipo sello de desvío	D				No. pasos envoltente	D	D	D	
43	Protección al impacto (Si/No)	D				Corrosión permisible	mm	P	P	
44	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>									
45	Envoltente	P	Tubos	P	Empaques:		P			
46	Cubierta envoltente	P				Lado envoltente	P			
47	Canal o bonete	P				Lado tubos	P			
48	Cubierta canal	P				Cabezal flotante	P			
49	Cubierta cabezal flotante	P				Juegos de repuesto requeridos	P			
50	Espejo	Estático	P	Flotante	P	Anillo de prueba requerido (Si/No)	P			
51	Deflectores:	Transversales	P	Long.	P	Aislamiento: envoltente	P			
52	Material soporte tubería	D				Canal entrada/salida	P			
53	Tipo junta expansión	D				Material junta de expansión	P, D			
54	Código diseño a presión	P	Estampado	P	Calc.MAWP (Si/No)	P	Clase TEMA	P		
55	OBSERVACIONES:	P, D								
56										
57	P*.- Datos opcionales donde se requiere mantener dimensiones ( equipos existentes )									
58										
59	Elabora/Revisa	/	Aprobó	Fecha emisión		No. Emisión				
RESPONSABILIDAD EN LA INFORMACIÓN: P = PEMEX P* = PEMEX OPCIONAL D = DISEÑADOR										

Figura 7 Responsabilidad en la información de hoja de especificaciones