

No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS
Fecha: 19- junio - 2004	SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX PETROQUÍMICA
PÁGINA 1 DE 60	

CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 3 DE 60
---	--	---

CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN.....	5
1. OBJETIVO.....	5
2. ALCANCE.....	5
3. CAMPO DE APLICACIÓN.....	6
4. ACTUALIZACIÓN.....	6
5. REFERENCIAS.....	6
6. DEFINICIONES.....	7
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	12
8. ESPECIFICACIÓN DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO.....	12
8.1 Generalidades.....	12
8.2 Consideraciones de diseño.....	12
8.2.1 Diseño termo-hidráulico.....	12
8.2.2 Diseño mecánico.....	14
8.2.3 Serpentín de tubos.....	15
8.2.4 Tubería, terminales y cabezales múltiples.....	17
8.2.5 Soportes de tubos.....	19
8.2.6 Refractario.....	20
8.2.7 Acero Estructural.....	23
8.2.8 Plataformas y escaleras.....	24
8.2.9 Chimeneas, ductos y caja de humos.....	24
8.2.10 Quemadores.....	25
8.2.11 Sopladores de hollín.....	28
8.2.12 Reguladores de tiro.....	29
8.2.13 Ventiladores.....	29

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 4 DE 60
---	--	---

8.2.14	Precalentadores de aire.....	31
8.2.15	Compuertas.....	32
8.2.16	Conexiones para instrumentos y auxiliares.....	32
8.3	Fabricación.....	33
8.3.1	Generalidades.....	33
8.4	Inspección y pruebas.....	35
8.4.1	Generalidades.....	35
8.5	Embarque.....	36
8.6	Partidas suministradas por otros.....	36
8.7	Información requerida con la cotización.....	36
8.8	Información requerida durante la fabricación.....	37
8.8.1	Dibujos de arreglo general.....	37
8.8.2	Diagramas de cargas en cimentación.....	37
8.8.3	Otros documentos.....	38
8.8.4	Diagramas y dibujos certificados.....	38
8.8.5	Registro final.....	39
9.	RESPONSABILIDADES.....	39
9.1	Responsabilidades de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.....	39
9.2	Responsabilidades del proveedor.....	40
9.3	Garantías del proveedor.....	40
10	CONCORDANCIA CON OTRAS NORMÁS.....	41
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
12.	ANEXOS.....	42
12.1	Anexo A. Hoja de datos de Calentadores a Fuego Directo.....	43
12.2	Anexo B. Tipos de Calentadores a Fuego Directo.....	56

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 5 DE 60
---	--	---

0. INTRODUCCIÓN

Los calentadores a fuego directo son equipos requeridos dentro de la industria de Refinación y Petroquímica para suministrar grandes cantidades de energía a corrientes de proceso contenidas en serpentines tubulares a partir de la combustión de combustibles líquidos y gaseosos, para elevar sus niveles de temperatura y modificar sus características químicas y físicas, para cumplir con las condiciones de proceso. Estos equipos son conocidos también como calentadores de proceso u hornos de proceso.

El diseño de un calentador a fuego directo requiere de un amplio conocimiento y experiencia que involucran problemas de transferencia de calor, combustión, flujo de fluidos, así como problemas mecánicos y estructurales, por lo que es importante especificar correctamente los calentadores y asegurarse que todos los elementos esenciales han sido considerados.

En la elaboración de esta norma de Referencia, participaron:

Petróleos Mexicanos.
Pemex Exploración y Producción.
Pemex Gas y Petroquímica Básica.
Pemex Refinación.
Pemex Petroquímica.
Instituto Mexicano del Petróleo.
Foster Wheeler Mexicana.
Cámara Nacional de la Industria de la Transformación.

1. OBJETIVO

Establecer las especificaciones mínimas para la selección y diseño de calentadores a fuego directo en instalaciones industriales.

2. ALCANCE.

- 2.1. Esta Norma de Referencia es de aplicación y observancia obligatoria para la selección y diseño de calentadores a fuego directo para Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- 2.2. Esta Norma de Referencia establece los requerimientos mínimos que se deben de cumplir para la selección y diseño de calentadores a fuego directo requeridos para Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- 2.3. Esta Norma de Referencia contempla dos opciones del alcance de las actividades para la etapa de diseño únicamente, lo cual debe ser definido claramente por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
 - a) El diseño total de los calentadores: termo-hidráulico, mecánico y estructural.
 - b) Solamente el diseño mecánico y estructural de los calentadores, ya que cuenta con el diseño termo-hidráulico, el cual se proporcionará.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 6 DE 60
---	--	---

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición o arrendamiento 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 personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista, o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN

Esta Norma de Referencia se debe revisar, y en su caso modificar y actualizar cada 5 años, o antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan. Las sugerencias para la revisión de esta norma, deben ser enviadas al Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Petroquímica, quien deberá programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas y en su caso, procederá a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios a inscribirla en su programa anual de normalización.

Las propuestas de cambio deben dirigirse por escrito a:
Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Petroquímica.
Jacarandas No. 100 Nivel B-2
Fracc. Rancho Alegre C.P. 96558
Coatzacoalcos Ver.
Teléfono Dir.: 01-921-21-11335.

5. REFERENCIAS

NOM-085-SEMARNAT-1994	Emisión máxima permisible de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas.
NOM-022-SSA1-1993	Calidad del aire.
NOM-023-SSA1-1993	Calidad del aire.
NOM-024-SSA1-1993	Calidad del aire.
NOM-009-ENER-1995	Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
NMX-AA-09-1993-SCFI	Determinación de flujo de gases en un conducto por medio de tubo pitot.
NOM-008-SCFI-2002	Sistema general de unidades de medida.
NMX-AA-107-1988	Calidad del aire-estimación de la altura efectiva de chimenea y de la dispersión de contaminantes-método de prueba
ISO 13705	Industria del petróleo y gas natural- calentadores a fuego directo para servicios generales de refinación. (Petroleum and Natural gas industries fired heaters for general refinery service)
ISO 13704	Industria del petróleo y gas natural - calculo de calentadores/espesores de tubería en refinerías de petróleo primera edición. (Petroleum and Natural gas industries - calculation of heaters/tube thickness in petroleum refineries first edition)

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 7 DE 60
---	--	---

6. DEFINICIONES

Para los fines de esta Norma de Referencia se establecen las siguientes definiciones:

- 6.1 Aire primario.** Es la porción del total del aire de combustión que primeramente se mezcla con el combustible.
- 6.2 Aire secundario.** Es la porción del total del aire de combustión que es suministrado para los productos de la combustión y el combustible no quemado después de la sección donde el combustible y el aire primario son mezclados.
- 6.3 Anclas para refractario.** Un dispositivo metálico o refractario para sostener el recubrimiento aislante o refractario en su lugar.
- 6.4 Atomizador.** Es un dispositivo usado para reducir un combustible líquido a una neblina fina. La atomización puede ser producida por vapor, aire o medios mecánicos.
- 6.5 Caída de presión del serpentín.** Es la diferencia de la presión de entrada del serpentín y la presión de salida, sin considerar la carga estática.
- 6.6 Caja de cabezales.** Un compartimiento estructural aislado internamente, separado de la corriente de gases de combustión, el cual es usado para cubrir retornos o cabezales de distribución. El acceso es proporcionado por medio de puertas articuladas o paneles removibles.
- 6.7 Caja de viento.** Una cámara que circunda los quemadores y que es usada para distribuir el aire a los quemadores y/o reducir el ruido de la combustión.
- 6.8 Calentador de tiro balanceado.** Utiliza un ventilador de tiro inducido para remover los gases de combustión y un ventilador de tiro forzado para suministrar el aire para la combustión.
- 6.9 Calentador de tiro forzado.** Una unidad en la cual el aire para la combustión es suministrado por un ventilador u otro medio mecánico.
- 6.10 Calentador de tiro inducido.** Usa un ventilador para remover los gases de combustión y mantener la presión negativa en el calentador para inducir el aire para la combustión sin un ventilador de tiro forzado.
- 6.11 Calentador de tiro natural.** Una unidad en la cual una chimenea produce el efecto de inducir el aire para la combustión y remover los gases de combustión.
- 6.12 Calor de absorción.** El calor total absorbido por el serpentín excluyendo cualquier aire de combustión precalentado, expresado en MW.
- 6.13 Cara caliente del recubrimiento refractario.** El recubrimiento refractario expuesto a las más altas temperaturas en un recubrimiento multicapas o multicomponentes.
- 6.14 Carga térmica.** Es la cantidad de calor que puede absorber el fluido de proceso a su paso por el calentador.
- 6.15 Chimenea.** Un conducto vertical usado para descargar los gases de combustión a la atmósfera.
- 6.16 Condiciones de operación (temperatura, presión, gasto del fluido de proceso, carga térmica, etc.).** Son las condiciones de proceso que están especificadas en las hojas de datos de calentadores a fuego

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 8 DE 60
---	--	---

directo y que indican los parámetros bajo los cuales estará operando normalmente el calentador durante su vida útil.

- 6.17 Conducto de gases.** La sección del calentador donde los gases de combustión son colectados después del último serpentín de convección para transmitirlo a la chimenea o a los ductos de salida.
- 6.18 Corrosión permisible.** El espesor de material adicional para permitir pérdidas de material durante la vida de diseño de un componente. Es la relación de corrosión durante el tiempo de vida de diseño, expresado en milésimas de milímetro por año.
- 6.19 Decoquizado.** Es el proceso que hace posible la eliminación del carbón adherido a las paredes interiores de los tubos y cabezales del calentador.
- 6.20 Deflector de gases.** Una proyección de la superficie refractaria para prevenir que los gases de combustión se desvíen de los tubos de la sección de convección cuando están en un arreglo triangular.
- 6.21 Densidad de flujo térmico máximo.** La máxima relación de transferencia de calor local en la sección del serpentín, expresado en kW/m^2 .
- 6.22 Densidad de flujo térmico promedio.** El calor absorbido por la superficie de calentamiento expuesta de la sección del serpentín. La densidad de flujo promedio para un tubo con superficie extendida debe ser indicada sobre una base de tubo desnudo indicando la relación de extensión, expresado en kW/m^2 .
- 6.23 Ducto.** Un conducto para aire o gases de combustión.
- 6.24 Eficiencia térmica.** Se refiere al total de calor absorbido dividido por el total de calor suministrado, derivado de la combustión de un combustible (base poder calorífico inferior) más el calor total sensible del aire, combustible o cualquier medio de atomización, expresado como porcentaje.
- 6.25 Ensuciamiento permisible.** Un factor para permitir que una capa de residuo incremente la caída de presión, normalmente una acumulación de coque y escoria, en la superficie interna de los tubos del serpentín, expresado en milímetros. Este valor se debe utilizar en el cálculo de la caída de presión en sucio.
- 6.26 Envolvente.** Es la placa metálica usada para envolver el calentador a fuego directo.
- 6.27 Erosión.** La reducción en el espesor de material, debido al ataque mecánico por un fluido.
- 6.28 Exceso de aire.** La cantidad de aire arriba del requerimiento estequiométrico para completar la combustión, expresado como un porcentaje.
- 6.29 Fibra cerámica.** Un refractario aislante fibroso compuesto primariamente de sílica y alúmina.
- 6.30 Gases de combustión.** Los productos gaseosos de la combustión incluyendo el exceso de aire.
- 6.31 Guía de tubo.** Accesorio utilizado en los tubos verticales para restringir el movimiento horizontal mientras permite expandirse axialmente al tubo.
- 6.32 Guillotina.** Un dispositivo de una simple hoja que es usada para aislar equipos o calentadores.
- 6.33 Hoja de datos de calentadores a fuego directo.** Son las hojas que contienen la información de operación y diseño de los calentadores a fuego directo.
- 6.34 Interconexión salteada.** La tubería de interconexión de tubería entre una sección del serpentín.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 9 DE 60
---	--	---

- 6.35 Liberación de calor.** El total de calor liberado para el combustible especificado, usando el poder calorífico inferior, expresado en MW.
- 6.36 Liberación de calor normal.** El calor de absorción de diseño del calentador dividido por la eficiencia del combustible calculada, expresada en MW.
- 6.37 Liberación de calor volumétrico.** El calor liberado dividido por el volumen neto de la sección de radiación, excluyendo los serpentines y paredes divisorias, expresada en kW/m^3 .
- 6.38 Moldeado.** Un concreto aislante colado o lanzado en el lugar para darle una forma o estructura rígida de refractario.
- 6.39 Mortero.** Es la preparación de un material refractario para recubrir y unir ladrillos refractarios.
- 6.40 Multi-componente.** Sistema refractario consistente de dos o más recubrimientos de diferente tipo de refractario, por ejemplo, concreto y fibra cerámica.
- 6.41 Múltiple.** Cabezal para la colección y distribución de un fluido para o de un paso múltiple paralelo de flujo.
- 6.42 Operación normal.** Es el funcionamiento del equipo dentro de las variaciones previstas a las condiciones de operación, capacidad y eficiencia especificadas en las hojas de datos y documentos posteriores, y garantizado por el vendedor, sin requerir ningún mantenimiento mayor, reparación o reposición de partes excepto el mantenimiento propio de dicho funcionamiento.
- 6.43 Pared de re-radiación.** Pared vertical de ladrillo refractario, la cual es expuesta al choque de la flama directa en uno o en ambos lados.
- 6.44 Pared divisoria.** Pared que separa dos zonas adyacentes del calentador.
- 6.45 Paso o corriente.** Circuito de flujo consistente de uno más tubos en serie.
- 6.46 Pérdida de tiro.** La caída de presión, incluyendo el efecto de flotación a través de los ductos conductores o a través de los tubos y equipos en sistemas de gases de combustión y aire.
- 6.47 Pérdidas por radiación.** Las pérdidas de calor al medio circundante de la envolvente metálica del calentador y los ductos y equipos auxiliares (cuando se utilizan sistemas de recuperación de calor), expresado en por ciento de calor liberado.
- 6.48 Piloto.** Quemador pequeño para proveer la energía de ignición para encender el quemador principal.
- 6.49 Poder calorífico inferior.** El poder calorífico superior menos el calor latente de vaporización del agua formada por la combustión del hidrógeno en el combustible, también llamado poder calorífico neto, expresado en kJ/Nm^3 .
- 6.50 Poder calorífico superior.** El total de calor obtenido de la combustión de un combustible específico a 288 K (15° C), expresado en kJ/Nm^3 .
- 6.51 Precalentador de aire.** Equipo de transferencia de calor a través del cual es pasado el aire para la combustión y calentado por un medio de mayor temperatura, tales como los productos de la combustión, vapor, u otro fluido.
- 6.52 Precalentador de aire directo.** Cambiador de calor el cual transfiere directamente el calor entre los gases de combustión y el aire de combustión. Un precalentador de aire tipo regenerativo usa elementos

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 10 DE 60
---	--	--

rotatorios calientes y un diseño recuperativo usa tubos estacionarios, placas, o elementos de hierro fundido para separar los dos medios.

- 6.53 Precalentador de aire tipo indirecto.** Dispositivo de transferencia de calor de un fluido al aire. La transferencia de calor puede ser realizada por un fluido térmico, una corriente de proceso o una corriente de servicios auxiliares que ha sido calentada por los gases de combustión o de otra manera. Un precalentador de aire de tubos térmicos utiliza la vaporización/condensación de un fluido para transmitir el calor entre los gases de combustión y el aire.
- 6.54 Presión de diseño elástico.** Es la presión máxima a la que estarán sujetos los serpentines de los calentadores por cortos períodos de tiempo.
- 6.55 Presión de diseño de ruptura.** Es la presión máxima a la que estarán sujetos los serpentines de los calentadores durante la operación normal.
- 6.56 Presión máxima permisible de operación.** Es la máxima presión a la que se puede trabajar un calentador dentro de los límites de seguridad, debe ser menor a la presión de diseño.
- 6.57 Quemador.** Introduce el combustible y el aire a las velocidades, turbulencia y condiciones deseadas para establecer y mantener una ignición y una combustión apropiada.
- 6.58 Recubrimiento de respaldo.** Cualquier recubrimiento refractario detrás del recubrimiento de cara caliente.
- 6.59 Recubrimiento monolítico.** Recubrimiento de un solo componente.
- 6.60 Recubrimiento multi-capas.** Sistema refractario consistente de dos o más capas del mismo refractario.
- 6.61 Regulador de tiro.** Dispositivo para introducir una resistencia variable para regular el flujo volumétrico de gases de combustión o aire.
- 6.62 Regulador de tiro multihoja.** Es un tipo de regulador de tiro consistente de varias hojas o álabes cada una pivoteada alrededor de su centro y conectadas juntas para una operación simultánea.
- 6.63 Regulador de tiro tipo mariposa.** Es un tipo de regulador de tiro consistente en una sola hoja pivoteada alrededor de su centro.
- 6.64 Relación de corrosión.** La reducción en el espesor de material debido al ataque químico del fluido de proceso o gases de combustión, o ambos, expresado en milímetros por año.
- 6.65 Relación de extensión.** La relación de la superficie externa total expuesta a la superficie externa del tubo desnudo.
- 6.66 Resistencia por ensuciamiento.** Un factor utilizado para calcular el coeficiente global de transferencia de calor. La resistencia por ensuciamiento interno debe ser utilizada para el cálculo de la temperatura de metal máxima del tubo para diseño. La resistencia por ensuciamiento externo es utilizada para compensar las pérdidas de comportamiento debido a los depósitos sobre la superficie externa de los tubos o superficie extendida.
- 6.67 Retenedor de tubo.** Accesorio usado para restringir que los tubos horizontales de radiación se levanten de los soportes intermedios de tubos durante la operación.
- 6.68 Retorno.** El término común para un accesorio de 180° fundido o forjado que conecta dos o más tubos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 11 DE 60
---	--	--

- 6.69 Retorno tipo tapón.** Retorno de fundición, provisto con una o más aberturas con el propósito de inspección, limpieza mecánica de los tubos, o drenaje.
- 6.70 Sección de convección.** Es la zona del calentador en la cual la transferencia de calor a los tubos primariamente es por convección.
- 6.71 Sección de radiación.** La zona del calentador en la cual el calor es transferido a los tubos primariamente por radiación.
- 6.72 Sección escudo.** Parte del serpentín que contiene aquellos tubos que escudan los tubos restantes de la sección de convección de la radiación directa.
- 6.73 Sección de sobrecalentamiento.** Es la zona del calentador donde se logra la elevación de la temperatura, arriba de la saturación, del fluido manejado.
- 6.74 Sistema refractario.** La envolvente metálica del calentador, ladrillo, refractario y aislamiento, incluyendo el anclaje para refractario.
- 6.75 Soplador de hollín.** Es un dispositivo para remover el hollín u otro depósito de la superficie absorbente de calor en la sección de convección. Donde el vapor es el medio que se usa normalmente para el soplado.
- 6.76 Soporte de tubos o espejos de tubos.** Cualquier dispositivo para soportar tubos.
- 6.77 Superficie extendida.** Se refiere a la superficie de transferencia de calor en la forma de aletas o birlos, unidas a la superficie absorbente de calor en los tubos del serpentín.
- 6.78 Techo.** Parte de la sección de radiación plana o inclinada opuesta al piso.
- 6.79 Temperatura de cara caliente.** La temperatura de la superficie del refractario en contacto con los gases de combustión o aire de combustión calentado. La temperatura de cara caliente es usada para determinar el espesor requerido de refractario o aislamiento y el calor transmitido. La temperatura de diseño es utilizada para especificar la temperatura de servicio de los materiales refractarios.
- 6.80 Temperatura de diseño.** Es la temperatura que sirve, junto con el tipo de material, para determinar el esfuerzo de trabajo del material de los componentes del calentador a fuego directo.
- 6.81 Temperatura de servicio.** Es la condición de temperatura a la que operarán cada uno de los componentes de los calentadores para las condiciones de operación especificadas.
- 6.82 Temperatura en el puente.** Es la temperatura de los gases de combustión a la salida de la zona de radiación.
- 6.83 Terminal.** Conexión bridada o soldada de un serpentín, proveyendo la entrada y salida del fluido.
- 6.84 Tiro.** La presión negativa (vacío) del aire y/o gases de combustión medidos en cualquier punto del calentador, expresado en pascales (Pa).
- 6.85 Tubería de enlace.** La tubería de interconexión entre dos secciones del serpentín del calentador.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 12 DE 60
---	--	--

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

N	Newton
K	Temperatura Kelvin
°C	Grados Celsius
g	Gramos
m	Metros
mm	Milímetros
s	Segundos
MW	Megawatt
kW	Kilowatt
kJ	Kilojoules
Pa	Pascales
MPa	Megapascales
kPa	Kilopascales
A	Amperes
V	Voltaje
mA	Miliamperes
mPa	Milipascales
h	Horas
Gcal	Gigacalorías
kcal	Kilocalorías
ppmv	Partes por millón volumétricas
UHC	Hidrocarburos no quemados

8. ESPECIFICACIÓN DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO.

8.1 Generalidades.

El tipo de calentador es normalmente descrito por la configuración estructural, configuración del serpentín de radiación o forma y arreglo de quemadores. Algunos ejemplos de configuraciones estructurales son cilíndricos, de caja, de cabina, de caja multi-celda. Ejemplos de configuraciones del serpentín son vertical, horizontal, helicoidal y árbol o póstigo. Ejemplos de arreglo de quemadores incluyen quemado en el techo, quemado en el piso, quemado en paredes frontales y laterales o multiniveles.

8.2 Consideraciones de diseño

8.2.1 Diseño Termo-hidráulico.

- Anexo a las hojas de datos de calentadores a fuego directo y equipos accesorios se debe incluir una descripción del proceso del cual forma parte el calentador y la función del mismo.
- Las condiciones de diseño de proceso deben ser indicadas en las hojas de datos de los calentadores a fuego directo y equipos accesorios. Si se requiere información adicional esta debe ser referenciada en una nota dentro de las hojas de datos y ser anexada la información a las mismas.
- El diseño termo-hidráulico de los calentadores debe efectuarse por un tecnólogo con reconocimiento internacional y tomando como base los datos y requisitos establecidos en la hoja de datos de calentadores a fuego directo.
- El diseño termo-hidráulico debe considerar la temperatura máxima permisible del fluido de proceso.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 13 DE 60
---	--	--

- e) Las eficiencias calculadas y reales garantizadas deben estar basadas en la carga térmica de diseño, el poder calorífico inferior del combustible suministrado y debe incluir un mínimo de 1.5% de pérdidas por radiación de la liberación de calor de diseño. Los calentadores que emplean sistemas de precalentamiento de aire deben incluir un mínimo de 2.5% de pérdidas por radiación de la liberación de calor de diseño.
- f) Las eficiencias calculadas para operación en tiro natural se deben basar en un 20% de exceso de aire cuando el combustible principal sea gas, y 25% de exceso de aire cuando el combustible principal sea combustóleo. Para el caso de operación con tiro forzado, las eficiencias calculadas se deben basar en un 15% de exceso de aire para gas combustible y 20% para combustóleo.
- g) Los conductos de los gases de combustión incluyendo la sección de convección, caja de humos, ductos y chimenea, se deben dimensionar para mantener un tiro mínimo de 25 Pa en el puente del calentador a la máxima temperatura ambiente y 125% del calor liberado de diseño con un exceso de aire de diseño y la temperatura máxima ambiente (temperatura de diseño) de la chimenea, lo cual es una condición que se presentará por cortos períodos de tiempo.
- h) Los calentadores multipasos se deben diseñar para una simetría térmica e hidráulica de todos los pasos y una caída de presión uniforme por paso. **No se aceptan diseños asimétricos.** El diseño debe considerar que cuando un quemador salga de operación es necesario alcanzar las relaciones de liberación requeridas. La colocación de los quemadores debe ser tal que se mantenga la simetría térmica bajo esta condición.
- i) Los calentadores con múltiples colectores y de distribución deben diseñarse de tal forma que la presión dinámica en ellos, en el punto de máxima velocidad, no sea mayor que el 5% de la caída de presión individual en cada paso.
- j) La densidad de flujo térmico promedio en radiación es el cociente del calor absorbido total por los tubos y accesorios expuestos de radiación y el área externa circunferencial de estos mismos tubos y accesorios expuestos de radiación. Los tubos que están parcial o totalmente escudados de los quemadores por otros tubos o refractario, no deben ser considerados como superficie de radiación cuando se defina la densidad de flujo térmico promedio de radiación y la temperatura en el puente. La primera cama de tubos de la sección escudo debe ser considerada para determinar la densidad de flujo térmico promedio de radiación cuando estos tubos estén expuestos a la radiación directa de la flama. La densidad de flujo térmico promedio en radiación se debe basar en tubos espaciados dos o tres veces el diámetro nominal.
- k) La máxima densidad de flujo térmico es la máxima relación de calor para cualquier porción de cualquier tubo del serpentín. Esta densidad no debe considerar una densidad de flujo térmico promedio de operación en ninguna longitud dada de superficie de tubo.
- l) La máxima densidad de flujo térmico en cualquier punto de la sección de convección basada en la superficie desnuda externa de los tubos, no debe exceder la máxima densidad de flujo térmico en cualquier punto de la sección de radiación, excepto para el serpentín de generación de vapor.
- m) La máxima temperatura de pared de tubo se debe determinar en base a los criterios de cálculo para la máxima densidad de flujo térmico establecida en el estándar API 530 última edición o equivalente.
- n) La velocidad del flujo en estado de vapor o líquido-vapor debe ser limitado a un máximo de 80% de la velocidad crítica.
- o) Para flujos líquido- vapor, el diseño de los calentadores debe mantener un régimen de flujo que asegure que no se presenten patrones indeseables como: tapón, "slug", prefiriéndose el patrón disperso y una condición de flujo estable sobre el rango completo de las relaciones de flujo de operación predecidas y el calor suministrado.
- p) La temperatura mínima de los gases de combustión a la salida de la chimenea debe ser 463 K (190 °C) cuando se queme gas combustible y 477 K (204 °C) para cuando se queme combustóleo. Cuando el

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 14 DE 60
---	--	--

combustible contenga azufre, la temperatura de metal calculada en la sección de convección debe ser mayor o igual a 463 K (190 °C).

- q) Los calentadores se deben diseñar y construir para minimizar las infiltraciones de aire de tal manera que la operación pueda ser sostenida continuamente con los exceso de aire a las condiciones de diseño. Se requiere que la envolvente de radiación y convección y ductos de aire y gases de combustión sean sellados con soldadura.
- r) Todos los calentadores que sean diseñados con sistema de precalentamiento de aire deben ser del tipo balanceado.

8.2.2 Diseño mecánico.

- a) Cuando se requiera un decoquizado por aire-vapor, el diseño debe tomar en cuenta esta condición en el diseño del calentador y debe especificar en las hojas de datos de calentadores a fuego directo la máxima temperatura de pared de tubo que se alcanza durante esta operación. Así mismo el vendedor debe suministrar el cabezal para el decoquizado del calentador el cual debe incluir las conexiones y líneas de aire y vapor, agua de atemperamiento, manómetros montados con "colas de cochino", válvulas, bridas y accesorios, entre otros.
- b) Cuando el calentador sea diseñado para quemar gas, el arreglo de los tubos de la sección de convección debe incluir espacio para la instalación futura de sopladores de hollín.
- c) Cuando el calentador sea diseñado para quemar combustóleo pesado o ligero, o cualquier tipo de combustible líquido, se deben suministrar sopladores de hollín tipo retráctil para la limpieza de la sección de convección.
- d) Todos los calentadores deben incluir en el diseño de la sección de convección puertas para limpieza con un claro mínimo de la abertura de 508 mm x 508 mm, localizadas en las paredes laterales en la cantidad máxima posible de acuerdo al arreglo estructural de las paredes, para efectuar la limpieza mecánica de los tubos durante el paro del calentador.
- e) El diseño de la sección de convección debe incluir espacio para la instalación de dos camas futuras de tubos con superficie extendida, incluyendo los espejos y soportes intermedios de tubos. La colocación de sopladores de hollín y puertas de limpieza se deben basar en la adición de las camas futuras de tubos de superficie extendida requeridas en convección.
- f) La sección escudo debe tener por lo menos tres camas de tubos desnudos.
- g) El claro mínimo del piso al punto más cercano del registro del quemador debe ser de 2.058 m para calentadores con quemado a piso.
- h) Los requerimientos mínimos de los materiales expuestos al ataque por hidrógeno a altas temperaturas y presiones se deben basar en resultados de pruebas experimentales y datos reales obtenidos de plantas en operación, respaldados en publicaciones de organismos reconocidos, donde se establezcan los límites prácticos de operación de los aceros para este servicio. Para la selección de los materiales se deben utilizar las condiciones más críticas de presión y temperatura para el ataque por hidrógeno.
- i) Los serpentines deben fabricarse de tubería sin costura. Para los servicios donde se requiera el uso de tubería rectificada, debe especificarse en las hojas de datos.
- j) El vendedor debe especificar en la hoja de datos de calentadores a fuego directo las tolerancias de corrosión y erosión permisibles para el cálculo del espesor de tubería y accesorios.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 15 DE 60
---	--	--

- k) Cuando se especifique un serpentín de convección para producir vapor y domo de vapor, se debe incluir el serpentín de vapor, domo de vapor y toda aquella tubería requerida entre el serpentín y el domo. El domo se debe localizar sobre piso y arriba de la cama superior de tubos de convección. Los serpentines de precalentamiento de agua para calderas, generación de vapor, sobrecalentamiento de vapor, domo de vapor y toda aquella tubería requerida entre el serpentín y el domo se deben diseñar, fabricar y estampar de acuerdo al código ASME Sección I ó equivalente.
- l) Cuando la longitud efectiva de los tubos de convección exceda los 12.2 m se debe suministrar más de una salida para los gases de combustión en el techo de convección o chimeneas.
- m) Cuando el calentador utilice múltiples colectores y/o de distribución circulares, el serpentín debe ser soportado en la parte superior.
- n) La distancia de la cara caliente de la pared de refractario de la sección de radiación a la línea de centro de los tubos no debe ser menor a 1.5 veces el diámetro nominal. El espaciamiento de centro a centro de tubos debe ser de 2 ó 3 veces el diámetro nominal solamente.
- o) Los serpentines de sobrecalentamiento de vapor localizados en la sección de convección deben ser 384 K (111 °C), arriba de la máxima temperatura de pared calculada a menos que sea usada atemperación de interfase.
- p) La máxima temperatura de pared se debe basar en la mínima relación de flujo.
- q) El diseño de los múltiples colectores y de distribución, incluyendo los soportes y apoyos, se deben diseñar de acuerdo a los requerimientos establecidos en el código ASME B31.3 última edición o equivalente. Los soportes y apoyos de los múltiples colectores y de distribución deben ser suministrados por el vendedor.
- r) La presión de diseño de los múltiples colectores y de distribución, debe ser la misma que la del serpentín al cual sirve. La temperatura de diseño, debe ser igual a la temperatura del fluido en el múltiple más un margen de temperatura del fluido de 283 K (10 °C).

8.2.3 Serpentín de tubos.

8.2.3.1 Generalidades.

- a) Los espesores de tubos para el serpentín se deben determinar de acuerdo con el procedimiento establecido en el estándar ISO 13704 última edición/API 530 última edición. El límite práctico para espesores mínimos para tubos nuevos debe ser como se especifica en el estándar ISO 13704 última edición/API 530 última edición. Para materiales no incluidos en el estándar ISO 13704 última edición/API 530 última edición, los espesores de pared de tubos, se deben determinar de acuerdo con el procedimiento establecido en el estándar ISO 13704 última edición/API 530 última edición, usando valores de esfuerzos certificados por el fabricante de los materiales y aprobados por el comprador para 100 000 horas de servicio como mínimo.
- b) Se permite una soldadura intermedia en los tubos, si estos no pueden ser suministrados en su longitud total, dicha soldadura se debe inspeccionar totalmente y debe tener un acabado interno que permita el uso de equipo para limpieza mecánica.
- c) Cuando los tubos de la sección escudo y la sección de radiación correspondan al mismo servicio, estos deben ser del mismo material y espesor.
- d) Cuando la tubería de enlace sea externa esta debe ser de la misma metalurgia que la tubería precedente de convección y cuando la tubería de enlace sea interna esta debe ser de la misma metalurgia que la tubería de radiación. La unión de materiales diferentes debe ser bridada y no sujetas a la radiación directa o flujo de gases de combustión, no se aceptan uniones soldadas de materiales disímiles.

8.2.3.2. Superficie extendida.

- a) La metalurgia de la superficie extendida se debe seleccionar en base a la temperatura máxima calculada de perno o aleta, la cual no debe exceder los valores siguientes:

Material de perno	Temperatura máxima del birlo		Material de la aleta	Temperatura máxima de la aleta
	K (° C)			K (° C)
Acero al carbono	783 (510)		Acero al carbono	727 (454)
2 ¼ Cr-1Mo, 5Cr-1/2 Mo	866 (593)		-	-
11 – 13 Cr	922 (649)		11 – 13 Cr	866 (593)
Acero inoxidable 18Cr – 8Ni	1088 (815)		Acero inoxidable 18Cr – 8Ni	1088 (815)
Acero inoxidable 25Cr – 20Ni	1255 (982)		Acero inoxidable 25Cr – 20Ni	1255 (982)

Ref.: ISO 13705:2001/API 560 tercera edición mayo del 2001.

Tabla 1. Materiales de superficies extendidas.

- b) El tipo y las dimensiones de la superficie extendida de los tubos de convección en función del tipo de combustible utilizado deben cumplir con la especificación siguiente:

Combustible	Birlos		Aletas		
	Diámetro mínimo	Altura máxima	Espesor normal mínimo	Altura máxima	Densidad máxima
	mm	mm	mm	mm	Aletas/m
Combustóleo	12.7	25.4	No aplica	No aplica	No aplica
Gas	No aplica	No aplica	1.3	25.4	197

Ref.: API 560 tercera edición mayo del 2001.

Tabla 2. Dimensiones de superficies extendidas.

- c) Todas las aletas para tubos deben ser sólidas soldadas por alta frecuencia y en forma continua al tubo.
- d) Los birlos de los tubos deben ser cilíndricos y soldados por resistencia de frecuencia estándar.
- e) Todos los materiales deben estar de acuerdo a la especificación ASTM o equivalente.

8.2.3.3 Retornos.

8.2.3.3.1. Retornos tipo tapón.

- a) Los retornos tipo tapón se especifican para permitir la limpieza mecánica de tubos debido a la formación de coque o ensuciamiento, estos deben ser de dos tapones.
- b) Los retornos tipo tapón se deben localizar en caja de cabezales y se deben seleccionar para la misma presión de diseño que el tubo al que se conectan y para una temperatura de diseño igual a la temperatura máxima de operación del fluido en ese tubo, más un mínimo de 303 K (30° C).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 17 DE 60
---	--	--

- c) Las dimensiones del asiento de los cabezales para el rolado de los tubos deben cumplir con las dimensiones y tolerancias especificadas en el estándar API 560 última revisión.
- d) Los tubos y retornos tipo tapón se deben arreglar de tal manera que haya suficiente espacio para las operaciones de mantenimiento en campo, tales como rolado, soldadura, y relevado de esfuerzos.
- e) Cuando se especifican retornos tipo tapón, y los tubos son horizontales de 18.3 metros o más largos, se deben usar retornos con tapones en ambos extremos del ensamble del serpentín. Para longitudes más cortas del serpentín, se deben suministrar retornos con un tapón en un extremo del serpentín con retornos tipo U soldados en el extremo opuesto.
- f) Los retornos y sus correspondientes tapones se deben marcar con números permanentes de 13 mm de altura numerados de acuerdo con un dibujo de localización de accesorios.
- g) Cuando se requieran termopozos en el tapón de los retornos para medición y control, se deben suministrar en acero inoxidable 18Cr - 8Ni o equivalente.
- h) La dimensión de centro a centro de tubo para retornos debe ser dos veces el diámetro nominal del tubo.
- i) Los tapones deben ser cónicos. No se aceptan tapones roscados.

8.2.3.3.2 Retornos tipo U.

- a) Retornos tipo U se deben utilizar para las siguientes condiciones.
 - En fluidos limpios, donde no se espera la formación de coque o ensuciamiento de los tubos.
 - Donde las fugas sean un riesgo.
 - Donde se prevean instalaciones para el decoquizado por aire-vapor de los tubos del calentador.
- b) Para serpentines horizontales, los retornos tipo U se deben localizar en caja de cabezales, y se deben seleccionar para la misma presión de diseño que el tubo al que se conectan, y para una temperatura de diseño igual a la temperatura máxima de operación del fluido en ese tubo, más un mínimo de 303 K (30° C). Para serpentines verticales los retornos tipo U se deben localizar dentro de la sección de radiación y deben ser seleccionados para la misma presión de diseño que el tubo al que se conectan y para una temperatura de diseño igual a la temperatura máxima de pared en ese tubo y el espacio mínimo del retorno a la pared debe ser de 300 mm. Los retornos tipo U deben ser por lo menos del mismo espesor de pared que los tubos a los que se conectan, o mayores.
- c) No se aceptan retornos con costura longitudinal.

8.2.4. Tubería, terminales y cabezales múltiples.

8.2.4.1 Generalidades.

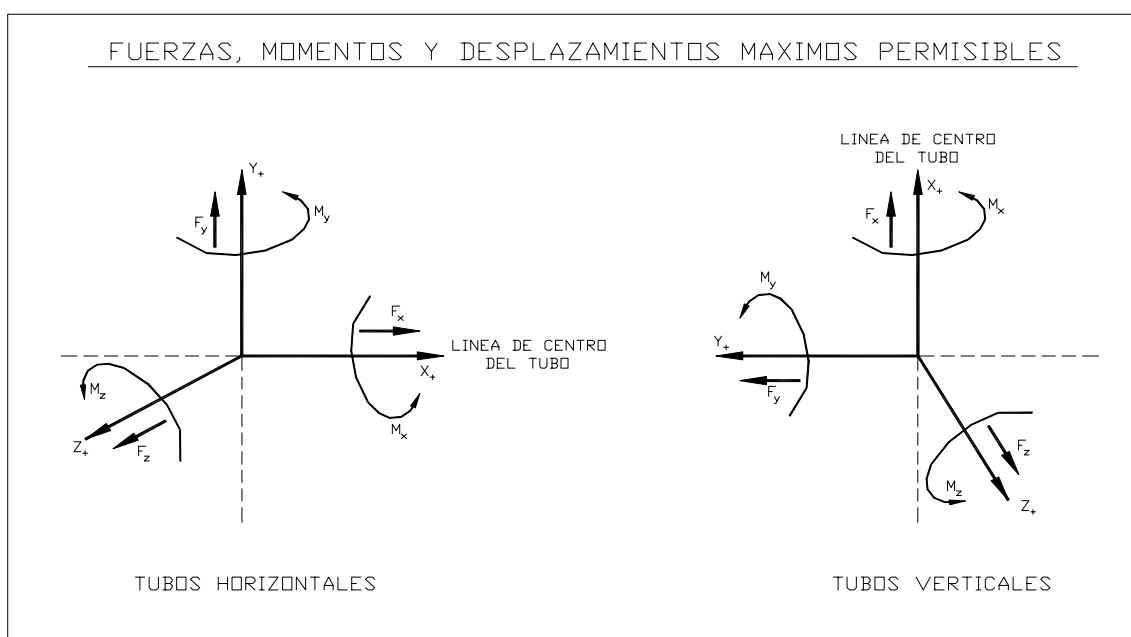
- a) Todas las bridas deben ser de cuello soldable cara realizada de 2069 kPa (300 psi) de rango mínimo.
- b) Tubería, terminales y cabezales colectores y de distribución externos a la envolvente del calentador se deben diseñar de acuerdo al código ASME B31.3 última edición, o equivalente.
- c) No se aceptan conexiones roscadas para el manejo de hidrocarburos.



- d) Los cabezales colectores y de distribución localizados en caja de cabezales se deben seleccionar para la misma presión de diseño de los tubos a los que se conecta, y para una temperatura de diseño igual a la temperatura máxima de operación del fluido a esa localización, más un mínimo de 303 K (30° C).

8.2.4.2. Movimientos, Fuerzas y Momentos máximos permisibles en boquillas.

- a) Las terminales y cabezales colectores y de distribución, se deben diseñar para aceptar la acción simultánea de las fuerzas, momentos y desplazamientos siguientes.



Tamaño de boquilla (mm)	Fuerzas y momentos máximos permisibles en terminales					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	N	N	N	N m	N m	Nm
51	445	890	890	475	339	339
76	667	1334	1334	610	475	475
101	890	1779	1779	813	610	610
127	1001	2002	2002	895	678	678
152	1112	2224	2224	990	746	746
203	1334	2669	2669	1166	881	881
254	1557	2891	2891	1261	949	949
305	1779	3114	3114	1356	1017	1017

Nota: El eje "x" corresponde al eje axial. Ref.: ISO 13705/API 560 tercera edición mayo del 2001.

Tabla 3. Fuerzas y momentos máximos permisibles en terminales.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 19 DE 60
---	---	---

Fuerzas y momentos máximos permisibles en múltiples y terminales mayores de 305 mm de diámetro	
Fuerzas en x, y, z	Momentos en x, y, z
17.5 N/mm de diámetro nominal del tubo terminal.	Momentos que producirían un esfuerzo máximo en el múltiple del 15% del esfuerzo permisible a la temperatura de diseño.

Nota: El eje "x" corresponde al eje axial. Ref.: Especificación General de Calentadores a Fuego Directo del IMP B-201, Rev.1, mayo 10, 1977 ó equivalente.

Tabla 4. Fuerzas y momentos máximos permisibles en múltiples y terminales mayores de 305 mm de diámetro.

	Desplazamientos permisibles en terminales					
	Tubos horizontales			Tubos verticales		
	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz
	mm			mm		
Terminales de radiación	0	± 13	± 13	0	± 13	± 13
Terminales de convección	0	± 13	± 13	—	—	—

Nota: El eje "x" corresponde al eje axial. Ref.: Especificación General de Calentadores a Fuego Directo del IMP B-201, Rev.1, mayo 10, 1977 ó equivalente.

Tabla 5. Movimientos máximos permisibles en terminales.

- b) Los movimientos máximos permisibles en las terminales de los múltiples horizontales después de la expansión térmica del serpentín como son los casos de los hornos reformadores de naftas, de amoniaco, de hidrogeno, de metanol por mencionar algunos, deben cumplir con los siguientes límites:

En las terminales de los múltiples de radiación no se permiten movimientos en los ejes "X" ($\Delta x = 0$) y "Y" ($\Delta y = 0$), en el eje "Z" se permite un desplazamiento de $\Delta z = \pm 13$ mm.

En las terminales de los múltiples de convección no se permiten movimientos en el eje "X" ($\Delta x = 0$) y en los ejes "Y" y "Z" se permite un desplazamiento de $\Delta y = \pm 13$ mm., y en el eje "Z" de $\Delta z = \pm 13$ mm.

Nota: El eje "x" corresponde al eje axial

- c) Los desplazamientos, fuerzas y momentos máximos permisibles en terminales y cabezales colectores y de distribución, así como los desplazamientos, fuerzas y momentos actuantes, se deben indicar en el dibujo de arreglo general para todos los casos sin excepción alguna.

8.2.5. Soportes de tubos.

8.2.5.1. Generalidades.

Todos los calentadores con tubos verticales se deben soportar en el extremo superior y guiar en el extremo inferior, y las terminales de entrada y salida se deben localizar por la parte superior de la sección de radiación, excepto para casos especiales donde se requiera que las salidas sean por la parte inferior del calentador, tales como hornos de pirólisis y reformadores con peines rígidos con cabezales de distribución. Cuando la longitud total de los tubos exceda los 13.7 m y el quemado sea de un solo lado, se deben colocar guías adicionales.

- a) La temperatura de diseño de los soportes y guías debe ser igual a la máxima temperatura de los gases de combustión en contacto con ellos, a la condición de diseño del calentador, sin considerar los efectos del recubrimiento refractario aplicado para protección contra corrosión.
- b) Todos los soportes y guías de tubos expuestos al calor radiante o gases de combustión, excepto los soportes extremos de los tubos (espejos de tubos), deben ser, como mínimo, de fundición de aleación

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 20 DE 60
---	--	--

25%Cr-20%Ni de acuerdo a la especificación ASTM-A-297-HK o equivalente. Como alternativa, pueden ser usadas fundiciones de una mejor aleación tales como 60%Cr-40%Ni o 50%Cr-50%Ni para condiciones más severas de corrosión, lo cual debe ser debidamente justificado en forma técnica.

- c) Los soportes extremos de tubos (espejos de tubos) deben ser de acero estructural A-36 o equivalente. Cuando la temperatura de diseño exceda de 698 K (425°C) debe utilizarse aceros aleados.
- d) Para las camas futuras de tubos se deben incluir los espejos y soportes intermedios de fundición necesarios. Los agujeros de los espejos extremos se deben tapar con placa punteada y concreto refractario de un peso específico de 879 kg/m³ promedio para prevenir la fuga de gases de combustión.
- e) Las camisas de los espejos extremos, deben ser de acero inoxidable 18Cr – 8Ni.
- d) Todos los materiales deben estar de acuerdo con la especificación ASTM o equivalente.

8.2.5.2. Esfuerzos permisibles.

- a) El vendedor debe proporcionar la fuente de los datos de esfuerzos permisibles para cada uno de los materiales de soportes utilizados, certificados por el fabricante de los materiales de fundición.
- b) Los esfuerzos máximos permisibles no deben exceder los límites siguientes:
 - Esfuerzos por carga muerta. El esfuerzo máximo permisible por carga muerta no debe ser mayor al 50% del esfuerzo requerido, para producir el 1% de deformación plástica (creep) en 10,000 h, ó 50% del esfuerzo para producir ruptura en 10 000 h, lo que sea menos.
 - Esfuerzo por carga muerta y carga de fricción. El esfuerzo máximo permisible por carga muerta y carga por fricción no debe ser mayor del 100% del esfuerzo requerido para producir 1% de deformación plástica (creep) en 10,000 h o del esfuerzo para producir ruptura en 10 000 h, lo que resulte menor.
- c) Para fundiciones, se debe aplicar un factor de fundición de 0.8 para multiplicar los valores de esfuerzos permisibles.
- d) Para calentadores que quemen combustóleo, todos los soportes se deben recubrir con 51 mm de espesor de concreto refractario, consistente de una mezcla de Lumnita, Haydita y Vermiculita en una proporción en volumen de L:H:V 1:2:4 y/o un material equivalente, con anclas de acero inoxidable 18Cr – 8Ni o equivalente.
- e) El comprador debe aprobar todas las especificaciones de materiales para soportes de tubos, de placa o fundición, incluyendo los valores de esfuerzos permisibles certificados por el vendedor de estos materiales.

8.2.6. Refractario.

8.2.6.1 Generalidades.

- a) El diseño debe considerar que la temperatura externa de la placa envolvente no exceda de 355 K (82° C) a una temperatura ambiente de 300 K (27° C) para una velocidad de viento de cero, excepto para el caso del uso de fibra cerámica donde la temperatura externa de la placa envolvente no debe exceder de 333 K (60° C). El piso de radiación no debe exceder los 364 K (91° C) para las mismas condiciones de temperatura ambiente y velocidad de viento.
- b) El vendedor debe proporcionar las fichas técnicas de los materiales aislantes y refractarios utilizados, la cual debe incluir la conductividad térmica, composición química, resistencia a la compresión, porcentaje de

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 21 DE 60
---	--	--

cambio lineal permanente, peso específico colocado en seco, temperatura máxima recomendada, entre otros.

- c) El diseño del recubrimiento refractario debe permitir la expansión o contracción de todas sus partes.
- d) Todos los materiales refractarios deben tener un contenido máximo de fierro de 1.5%.
- e) El vendedor debe proporcionar el procedimiento de secado del concreto refractario incluyendo su curva de secado específica y la protección contra el desarrollo de la hidrólisis alcalina.
- f) Se deben proveer juntas de expansión de 13 mm de espesor tanto en las direcciones verticales como horizontales a cada 3 m., en las uniones de paredes, pozos de fuego de quemadores, puertas y mirillas.
- g) Cuando se usen recubrimientos multicapa o multicomponente, las juntas no deben ser continuas a través de todo el recubrimiento.
- h) Todos los materiales deben estar de acuerdo con la especificación ASTM o equivalente.

8.2.6.2. Materiales.

Los calentadores se deben aislar usando los siguientes materiales.

- a) El piso de todos los calentadores se debe aislar con un ladrillo de arcilla refractaria de alta calidad en la cara caliente con un módulo de ruptura mínimo de 3.45 MPa, un cono pirométrico equivalente de 33 ½, de 63 mm de espesor, y concreto refractario de respaldo consistente en una mezcla de Lumnita, Haydita y Vermiculita en una proporción en volumen de L:H:V 1:2:4 y/o un material equivalente de acuerdo a las temperaturas de diseño. En caso de que el concreto sea instalado en taller se deben colocar anclas de acero inoxidable 18Cr – 8Ni o equivalente, en un arreglo de triangulo equilátero de 2 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas.
- b) Las paredes escudadas por tubos de la sección de radiación cuando se queme gas o combustóleo, se deben aislar con concreto refractario aislante consistente en una mezcla de Lumnita, Haydita y Vermiculita en una proporción en volumen de L:H:V 1:2:4 y/o un material equivalente de acuerdo a las temperaturas de diseño, con anclas de acero inoxidable 18Cr – 8Ni y/o un material equivalente, en un arreglo de triangulo equilátero de 2 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas.
- c) Las paredes que no están escudadas por tubos en la sección de radiación cuando se queme gas o combustóleo y se tenga una temperatura de servicio mayor a 1311 K (1038° C) y quemado vertical, se deben aislar con una pared compuesta de ladrillo de arcilla refractaria de alta calidad en la cara caliente con un módulo de ruptura mínimo de 3.45 MPa, un cono pirométrico equivalente de 33 ½, de 63 mm de espesor, y concreto refractario de respaldo y como recubrimiento de respaldo se puede utilizar una combinación de los siguientes materiales de acuerdo a las temperaturas de diseño, para cumplir con el requerimiento de temperatura de cara fría: concreto refractario aislante consistente en una mezcla de Lumnita, Haydita y Vermiculita en una proporción en volumen de L:H:V 1:2:4 y/o un material equivalente, y/o ladrillo aislante con una densidad de 0.54 g/cm³ y/o materiales equivalentes. El sistema de anclaje debe proporcionar un soporte independiente de cada capa del recubrimiento para techos y posiciones sobre cabeza e inclinadas. Cuando la temperatura de servicio sea menor o igual a 1311 K (1038° C), las paredes no escudadas por tubos en la sección de radiación se deben aislar con concreto refractario aislante consistente de una mezcla de Lumnita, Haydita y Vermiculita en una proporción en volumen de L:H:V 1:2:4 y/o un material equivalente, con anclas de acero inoxidable 18Cr – 8Ni y/o un material equivalente, con un arreglo de triangulo equilátero de 2 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas.
- d) Las paredes laterales de la sección de convección cuando se queme gas o combustóleo, se deben aislar con concreto refractario, consistente de una mezcla de Lumnita, Haydita y Vermiculita en una proporción en

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 22 DE 60
---	--	--

volumen de L:H:V 1:2:4 y/o un material equivalente de acuerdo a las temperaturas de diseño, con anclas de acero inoxidable 18Cr – 8Ni y/o un material equivalente con un arreglo de triangulo equilátero de 2 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas.

- e) Todos los ductos que manejen gases de combustión después de la salida de la sección de convección de los calentadores, incluyendo los ductos de los sistemas de precalentamiento de aire, deben ser aislados con concreto refractario aislante consistente en una mezcla de Lumnita y Haydita en una proporción en volumen de L:H 1:4 y/o un material equivalente de acuerdo a las temperaturas de diseño, con anclas individuales de acero al carbono en un arreglo de triangulo equilátero de 1.75 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas.
- f) Los espejos de tubos deben ser aislados del lado de los gases de combustión con concreto refractario aislante consistente en una mezcla de Lumnita y Haydita en una proporción en volumen de L:H 1:4 y/o un material equivalente, con anclas de acero inoxidable 18Cr – 8Ni y/o un material equivalente en un arreglo de triangulo equilátero de 2 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas, teniendo un espesor mínimo de 75 mm para la sección de convección y 125 mm para la sección de radiación.
- g) Todas las chimeneas deben ser aisladas con concreto refractario aislante consistente en una mezcla de Lumnita y Haydita en una proporción en volumen de L:H 1:4 y/o un material equivalente, de 38 mm de espesor, con un sistema de anclaje de acero al carbono a base de malla cuadrada soldada eléctricamente de 50mm x 50mm y anclas individuales para la malla en un arreglo en forma de triangulo equilátero de 6 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas. Para chimeneas a nivel de piso terminado el recubrimiento refractario debe prolongarse hasta el cenicero el cual se localiza debajo de la brida de conexión de los ductos.
- h) Las cajas de cabezales se deben aislar con concreto refractario aislante consistente en una mezcla de Lumnita y Haydita en una proporción en volumen de L:H 1:4 y/o un material equivalente de acuerdo a las temperaturas de diseño, con anclas de acero al carbono en un arreglo en forma de triangulo equilátero de 2 veces el espesor del refractario de distancia entre anclas.
- i) Los materiales refractarios para los pozos de fuego deben ser de concreto refractario de alta resistencia a la erosión con un contenido mínimo 85% de alúmina y ser de liga fosfórica, y esta debe venir segmentada para su armado en campo sin cemento refractario, así como garantizar una vida útil de dos años como mínimo.
- j) Se deben construir paredes divisorias con choque de flama en ambos lados, o de un solo lado, de ladrillo refractario de alta densidad, con un límite de temperatura mínimo de 1811 K (1538° C). El ladrillo se puede colocar en seco o unido con mortero. Todas las juntas de expansión, se deben rellenar con fibra cerámica a granel perfectamente compactada, del mismo rango de temperatura de servicio que el material del ladrillo refractario.
- k) Se debe aplicar un recubrimiento bituminoso de 0.3 mm de espesor en la cara interna de la placa envolvente para una temperatura mínima de servicio de 350 K (77° C) para prevenir la corrosión, excepto para el caso donde se utilice un recubrimiento monolítico de concreto refractario aislante. Las anclas para refractario se deben instalar antes de aplicar el recubrimiento bituminoso.
- l) Los calentadores con tubos verticales localizados al centro de la sección de radiación con quemado lateral y que quemen solamente gas deben utilizar en la sección de radiación módulos de fibra cerámica de 128 kg/m³ de densidad como mínimo, para una temperatura de servicio de 533 K (260°C) mayor que la temperatura de cara caliente calculada, con anclas individuales de acero inoxidable 18Cr – 8Ni o un material equivalente.
- m) Todas las juntas de expansión alrededor de los pozos de fuego de los quemadores se deben rellenar con fibra cerámica a granel perfectamente compactada del mismo rango de temperatura de servicio que el material refractario de los pozos de fuego.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 23 DE 60
---	--	--

- n) Los ductos de los sistemas de precalentamiento de aire que manejen aire caliente, los precalentadores de aire y el ventilador de tiro inducido deben aislarse externamente con lana mineral de pH neutro con cubierta metálica y anclas.

8.2.7. Acero Estructural.

8.2.7.1 Generalidades.

- a) La determinación de las cargas por sismo y viento para todos los tipos de estructuras involucradas en el diseño de calentadores a fuego directo, deben estar en estricto apego a los procedimientos que tomen en cuenta la influencia de los diferentes parámetros involucrados en la evaluación de las solicitaciones generadas por las intensidades sísmicas máximas y vientos extremos que ocurren en el territorio nacional. Dichos procedimientos deben estar respaldados en publicaciones de organismos e instituciones reconocidas, donde se establezcan los criterios aplicables específicamente para la República Mexicana. No se aceptan procedimientos no nacionales.
- b) El espesor mínimo de placa de la envolvente del calentador debe ser de 6 mm de espesor.
- c) La temperatura de diseño de estructuras y apéndices debe ser 328 K (55 °C) arriba de la temperatura de cara fría calculada.
- d) Todas las formas de los perfiles estructurales deben estar respaldados por especificaciones de productos comerciales de la industria del acero.
- e) La construcción debe ser a base de paneles soldados, para reducir al mínimo posible la filtración de aire.
- f) Los techos estructurales externos deben contar con caída natural y drenes para evitar encharcamientos.

8.2.7.2 Estructura.

8.2.7.2.1 El diseño de la estructura debe incluir todas las condiciones de carga siguientes:

- a) Erección. Carga muerta (serpentín vacío).
- b) Operación normal. Peso del equipo en operación más carga viva más carga por sismo o por viento. Esta condición se debe multiplicar por un factor de combinación de cargas de 1.1.
- c) Pruebas. Carga muerta más el peso del equipo con el serpentín lleno con agua más carga viva. Esta condición se debe multiplicar por un factor de combinación de cargas de 1.1.

8.2.7.2.2 Caja de cabezales, puertas y mirillas.

- a) Todos los retornos externos al calentador se deben alojar en cajas de cabezales herméticas de 6 mm de espesor.
- b) Las cajas deben ser removibles desde los espejos de tubos y deben tener orejas de izaje permanentes en cada sección. Se deben suministrar puertas de acceso apernadas con agarraderas permanentes.
- c) Se deben suministrar empaques en todas las juntas de las cajas de cabezales para sellar. Donde los serpentines entren o salgan de las cajas de cabezales, las aberturas alrededor del serpentín se deben sellar con fibra cerámica o con mangas de material refractario selladas herméticamente.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 24 DE 60
---	--	--

- d) Se deben suministrar puertas de acceso en la sección de radiación de todos los calentadores y localizadas libres de toda obstrucción. Se deben suministrar un mínimo de 2 puertas de 451 mm x 610 mm en cada una de las paredes frontales opuestas cercanas al piso del calentador para acceso y ventilación de cada una de las cámaras de combustión. Cuando las paredes de tubos no permiten este acceso, se debe suministrar una puerta en el piso de la cámara de combustión del calentador.
- e) Se deben suministrar mirillas y puertas de observación en un número suficiente para permitir la observación visual de la longitud total de todos los tubos de radiación y la flama de los quemadores.
- f) En todos los calentadores se deben suministrar puertas para remover los tubos.

8.2.8 Plataformas y escaleras.

8.2.8.1 Generalidades.

- a) Las cargas vivas se deben incrementar por impacto de acuerdo con la recomendación establecida en la especificación AISC parte 5, capítulo 1.3.3, 5ª edición 1978 y /o equivalente.
- b) Todas las formas de los perfiles estructurales deben estar respaldadas por las especificaciones de productos comerciales de la industria del acero.
- c) Se deben suministrar plataformas y escaleras para tener acceso a los puertos de muestreo de emisiones contaminantes a la atmósfera localizados en la chimenea, de acuerdo a la norma NMX-AA-09-1993-SCFI.
- d) Se debe suministrar una plataforma y/o escaleras marinas para acceso a cada puerta de observación, instrumentación, termocoples para decoquizado y bridas para propósitos de inspección del decoquizado.

8.2.8.2 Cargas vivas.

Valores de cargas vivas para accesos y áreas de circulación.

- a) Pasillos. 1226 Pa. (0.1778 psi)
- b) Escaleras de rampa 2452 Pa. (0.3556 psi)
- c) Plataformas para operación 2452 Pa. (0.3556 psi)
- d) Plataformas multiniveles en chimeneas 1226 Pa. (0.1778 psi)
- e) Plataformas para servicio alrededor del equipo, donde partes del equipo y herramientas pesadas se puedan almacenar temporalmente 4903 Pa. (0.7111 psi)

8.2.9 Chimeneas, ductos y caja de humos.

8.2.9.1 Generalidades.

- a) La determinación de las cargas por sismo y viento para todos los tipos de chimeneas involucradas en el diseño de calentadores a fuego directo, deben estar en estricto apego a los procedimientos que tomen en cuenta la influencia de los diferentes parámetros involucrados en la evaluación de las solicitaciones generadas por las intensidades sísmicas máximas y vientos extremos que ocurren en el territorio nacional.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 25 DE 60
---	--	--

Dichos procedimientos deben estar respaldados en publicaciones de organismos e instituciones reconocidas, donde se establezcan los criterios aplicables específicamente para la República Mexicana. No se aceptan procedimientos no nacionales.

- b) El diseño de las chimeneas deben considerar 3 rompedores de viento tipo espiral rectangulares de 6 mm de espesor a 120 grados, espaciados con un paso de 5 veces el diámetro de la chimenea y una proyección de 0.1 veces el diámetro de la chimenea.
- c) Todas las chimeneas deben ser fabricadas de placa de acero y del tipo auto soportada con una altura mínima de 32 m., sobre el nivel de piso terminado. En aquellos casos en que se encuentren localizadas cerca de poblaciones, la altura se debe determinar de acuerdo al estudio de dispersión de contaminantes específico de la planta, de acuerdo a la NMX-AA-107-1988.
- d) La tolerancia por corrosión debe ser de 3 mm para las chimeneas.
- e) El diseño de las chimeneas, sección cónica, diámetro, espesores y bridas, debe hacerse de tal forma que, prevenga la resonancia en el primero y segundo periodos, debido a las velocidades del viento.
- f) Las chimeneas deben ser de construcción soldada y todas las soldaduras deben ser de penetración completa. Los refuerzos de soldadura (anillos de respaldo) deben ser de 3 mm de espesor máximo.
- g) Cuando la temperatura de los gases de combustión sea hasta 588 K (315 °C) el refuerzo de acero al carbono es aceptable y arriba de 588 K (315 °C) se requiere refuerzo de acero inoxidable 18Cr – 8 Ni.
- h) Las chimeneas y ductos deben ser capaces de manejar el volumen de los gases de combustión a las condiciones de carga máxima.
- i) La velocidad de los gases de combustión de la chimenea debe estar en el rango de 7.62 m/s a 9.144 m/s a 125% de la carga térmica de diseño.
- j) Los últimos 1.5 m de la chimenea, deben ser de acero inoxidable 11 – 13Cr y soportar el riel para pintores, el peso total del riel y el peso del personal para pintar se deben considerar dentro de las cargas para el análisis y diseño estructural de la chimenea.
- k) La chimenea debe equiparse con un riel para soportar una polea para pintar, y además se debe suministrar.
- l) Los ductos del sistema de precalentamiento de aire deben ser de 5 mm de espesor mínimo. La construcción debe ser de paneles soldados para reducir al mínimo posible la filtración de aire.
- m) Las cajas de humos y ductos deben ser de construcción soldada.
- n) Para calentadores de tiro natural, el regulador de tiro debe ser localizado en cada chimenea.
- o) Las chimeneas, caja de humos y ductos deben ser construidos en acero al carbono, excepto donde se indique otro material.

8.2.10 Quemadores.

8.2.10.1 Generalidades.

- a) Considerar como base, las hojas de datos de quemadores anexas a la requisición así como la composición química de los combustibles que debe estar de acuerdo al análisis efectuado por el laboratorio de cada centro de trabajo. Se debe considerar la composición del combustible con un rango mínimo y máximo, anexándose esta a la requisición.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 26 DE 60
---	--	--

- b) Todos los quemadores deben ser de alta eficiencia, bajo NOX, y con atenuador de ruido.
- c) Los quemadores integrados a los calentadores deben cumplir con la norma NOM-085-SEMARNAT-1994 vigente en el momento en que inicie la operación de los calentadores, y deben incluir, en caso de ser necesario, los sistemas requeridos para cumplir con los límites de emisiones contaminantes establecidos en esta norma.
- d) Se debe tomar en cuenta una vida útil garantizada para los materiales de las boquillas de combustóleo y gas, atomizador y esprea, como mínimo de 2 años, así como la especificación de materiales correspondiente, considerando además las facilidades de operación y mantenimiento de estos equipos, con base al espacio disponible.
- e) El quemador debe diseñarse para funcionar con él (los) combustible (s) y excesos de aire que se indican en las hojas de datos del quemador.
- f) Los calentadores deben diseñarse con quemadores múltiples debiendo tenerse un piloto por cada quemador.
- g) El quemador debe diseñarse para prevenir el retroceso de la flama.
- h) La caída de presión a través del quemador no debe de ser mayor que la marcada como disponible en la hoja de datos del quemador. La caída de presión máxima a través del quemador para calentadores a fuego directo es de 7.62 mm de agua a condiciones de diseño.
- i) El quemador debe diseñarse para un nivel de ruido máximo permisible de 85 decibeles a una distancia de un metro del punto de generación de este, medido en respuesta lenta en la escala "A" del medidor (sonómetro). En caso de rebasar este valor, el quemador debe llevar un atenuador de ruido para cumplir con dicho requisito.
- j) El quemador debe diseñarse para prevenir vibraciones mecánicas y acústicas.
- k) La garganta de los quemadores debe diseñarse para proveer un mezclado eficiente del aire de combustión y el combustible y lograr la eficiencia de la flama de gas o de combustóleo o cualquier combinación de ellos.
- l) Los quemadores deben diseñarse para minimizar la erosión, taponamiento y corrosión de las boquillas cuando quemen los combustibles descritos en la hoja de datos.
- m) El quemador y su cañón podrán desmontarse mientras el calentador esta en operación. El diseño del quemador debe permitir una fácil inspección, con objeto de reemplazar el cañón.
- n) Cuando se requiera atenuador de ruido el quemador se atornilla directamente a la placa inferior de este.
- o) El atenuador de ruido se fija al piso del horno con seguros.
- p) La liberación de calor por quemador y el arreglo de quemadores, debe ser tal que, la flama no alcance directamente los tubos cuando opere a un 125% de la liberación de calor de diseño.
- q) Se deben suministrar puertas o lumbreras de encendido cuando no sea práctico hacer el encendido a través del quemador.
- r) Deben tomarse las provisiones necesarias para que el suministro de aire a cada quemador pueda ajustarse manualmente.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 27 DE 60
---	--	--

- s) La selección del quemador debe tomar en cuenta la forma de flama requerida especificada en la hoja de datos del quemador.
- t) El quemador se selecciona tomando en cuenta que la flama de este no toque o pegue en alguna parte de la zona de combustión, aun cuando las condiciones de liberación estén por arriba del 25% de las condiciones de diseño.
- u) El quemador debe diseñarse para unos límites de operación de 50% a 125% de la liberación de calor de diseño basado en las características del combustible y exceso de aire de diseño, indicados en las hojas de datos del mismo, ver anexo A.

8.2.10.2 Atomizador (para combustible líquido).

- a) El fabricante debe diseñar el atomizador para utilizar vapor como fluido auxiliar para lograr la atomización, a menos que se especifique atomización mecánica u otro fluido auxiliar.
- b) Los materiales del atomizador deben seleccionarse adecuadamente para garantizar un buen funcionamiento de todas y cada una de las partes que lo constituyen.
- c) La tubería principal (atomizadora) debe ser de un tipo tal, que permita obtener un buen rango de regulación para el caudal de combustible requerido.
- d) Las toberas distribuidoras (boquillas) se deben diseñar de manera que permitan una adecuada mezcla de combustible-fluido auxiliar, además de proporcionar una forma de flama adecuada.
- e) El material de esta boquilla debe tener características que soporten las altas temperaturas a las cuales estará expuesta.
- f) El diseño de la boquilla contempla un ángulo de chorro que varíe lo menos posible para las condiciones de liberación mínima normal y máxima especificada en las hojas de datos del quemador.
- g) El atomizador debe presentar un diseño adecuado para que el consumo de vapor no exceda del 15% al 20% en peso de combustible atomizado.

8.2.10.3 Pilotos.

- a) La flama del piloto debe tener suficiente estabilidad y penetración para lograr el encendido del quemador.
- b) La flama del piloto debe regularse manualmente y el diseño del mismo debe ajustarse para consumir un mínimo de combustible.
- c) El material del extremo del piloto debe ser resistente a la corrosión y erosión a la temperatura a que esté expuesto.
- d) El extremo del piloto debe tener un material que sea resistente a la corrosión y a la temperatura a que esté expuesto.
- e) La presión normal de operación del piloto debe ser de 33.34 kPa.(4.8 psi)
- f) El piloto del quemador debe ser del tipo de retención de flama.
- g) El piloto debe diseñarse para consumir gas combustible de características especificadas en la hoja de datos del quemador ver anexo A.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 28 DE 60
---	--	--

- h) El piloto debe permanecer encendido durante la operación a menos que el comprador especifique otra cosa.
- i) El diseño de los dispositivos de ajuste del piloto debe ser tal que, eliminen el goteo del combustible.
- j) El vendedor debe suministrar tres encendedores electrónicos manuales portátiles por calentador, para el encendido de los pilotos.

8.2.10.4 Registros de aire.

- a) Los registros de aire primario y secundario deben presentar suficiente área de paso para suministrar el exceso de aire requerido para la combustión.
- b) Los registros de aire primario y secundario, deben ser de ajuste manual para poder regularlos en cualquier momento y deben ser fabricados de acero dúctil.

8.2.10.5 Boca refractaria.

- a) La boca refractaria debe guardar una distancia y posición relativa adecuada respecto a la boquilla del quemador, para que el combustible atomizado no choque con las paredes de ésta, evitándose así el escurrimiento del combustible.
- b) El material de la cerámica refractaria debe tener propiedades físicas (refractividad y emisividad) que faciliten la radiación dentro de la cámara de combustión, el acabado debe ser áspero pero sin irregularidades notables.
- c) La cerámica refractaria debe ser de primera calidad y se coloca con cemento de alta resistencia. Se diseñan para estar independientes del piso o la pared, con un espacio para expansión y llenos de cemento aislante, de tal forma que la cerámica refractaria del quemador tenga libertad de expandirse y contraerse independientemente.
- d) El ángulo relativo entre la boquilla y la boca refractaria, debe minimizar la radiación hacia la boquilla.

8.2.11 Sopladores de hollín.

- a) Los sopladores deben ser automáticos, secuenciales y totalmente retráctiles.
- b) Se deben suministrar sopladores de hollín para soplar no más de 2 camas de tubos con superficie extendida hacia arriba y 2 camas hacia abajo.
- c) Los sopladores de hollín deben diseñarse para resistir la corrosión a las condiciones de operación.
- d) Los sopladores de hollín se diseñan para operar satisfactoriamente cuando el calentador queme los combustibles con las características listadas en las hojas de datos de los sopladores ver anexo A. Cuando se use combustión de aceite-gas, deben ser mandatorias las propiedades del aceite.
- e) El tamaño, cantidad y espaciamiento de los orificios deben diseñarse de acuerdo con la sección de convección y condiciones de operación.
- f) El material de las lanzas y boquillas deben ser de acero inoxidable 18Cr – 8Ni.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 29 DE 60
---	--	--

- g) Cada soplador debe tener botón de arranque local alambrado en taller a prueba de explosión (que categoría, norma de referencia). Las estaciones de control local deben estar sujetas a los mismos dispositivos de protección y seguridad presentes en el sistema primario de control de sopladores.
- h) El mecanismo de los sopladores de hollín, debe ser a prueba de polvo y totalmente hermético.
- i) Se deben diseñar para permitir el mantenimiento y/o ajuste del elemento sin desmontar el cabezal.
- j) Una vez conectada la línea de vapor a cada soplador, se procede a revisar que la operación de los accionadores sea correcta, para lo cual se deben hacer funcionar desde el cuarto de control, asegurándose de que cada soplador gire libremente y circule el vapor de barrido a través de él sin ninguna dificultad.
- k) Se deben suministrar todas las tuberías, válvulas y accesorios requeridos para conectar el cabezal de vapor local de los sopladores de hollín al suministro de vapor sobrecalentado. Las válvulas deben incluir el suministro automático del vapor y venteo para control de temperatura, válvulas para drenaje, enlazado con el control de los sopladores de hollín y válvulas manuales para corte de vapor.

8.2.12 Reguladores de tiro.

- a) El regulador de tiro debe permanecer en la última posición a falla de la fuerza accionadora. Los reguladores de tiro deben ser accionados con actuadores neumáticos regulables con electroposicionador con una señal de 4-20 mA, 20.68 - 103.42 kPa (3-15 psi), con un torque máximo requerido para 274.6 kPa (40 psi) de presión máxima de aire, a falla de aire debe abrir. Debe contar con un accionador hidráulico manual como opción ante la falla neumática, incluyendo un sistema de accionamiento hidráulico desde el nivel de piso.
- b) Los reguladores de tiro para chimeneas de 1.219 m de diámetro y menores deben ser del tipo de una sola hoja.
- c) Para chimeneas mayores, los reguladores de tiro son del tipo de hoja múltiple.
- d) Los reguladores de tiro de las chimeneas, deben fabricarse de acero inoxidable 25Cr – 20Ni o equivalente.
- e) Los reguladores de tiro deben suministrarse completos con indicador exterior de posición.

8.2.13 Ventiladores.

8.2.13.1 Generalidades.

- a) El ventilador de tiro forzado, debe ser apropiado para servicio a la intemperie, y debe estar localizado a nivel de piso terminado.
- b) El ventilador de tiro inducido debe ser apropiado para servicio a la intemperie, y de preferencia se debe localizar sobre el techo de convección.
- c) El bloque de pruebas del ventilador de tiro forzado se debe basar en los requerimientos de aire de tiro forzado para el quemado a la liberación de calor de diseño, más un margen del 20% en volumen para el exceso de aire de diseño, un margen del 25% para la presión estática y un margen de 287 K (14 °C) para la temperatura ambiente del aire.
- d) El bloque de pruebas del ventilador de tiro inducido se debe basar en los requerimientos de tiro para la inducción de aire en la combustión y volumen de gases de combustión a la liberación de calor de diseño, más un margen de 413 K (140 °C) para la temperatura de diseño de los gases de combustión.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 30 DE 60
---	--	--

- e) Para instalaciones múltiples de ventiladores de tiro inducido, se debe suministrar una compuerta de corte en la succión positiva para permitir aislar cada ventilador en caso de una falla del ventilador o accionador.
- f) Los ventiladores deben suministrarse (si es necesario) con dispositivos para guiar los flujos que vengan de la formación de vórtices de gases de combustión o de aire, a la succión de los ventiladores o bien en el ducto de descarga.
- g) La entrada del ventilador de tiro forzado debe estar equipada con un silenciador y malla de 13 mm, así como protección contra lluvia.
- h) Cada uno de los ventiladores de tiro forzado e inducido deben ser de un diseño de álabes curvados hacia atrás.
- i) Todos los acoplamientos dinámicos se deben balancear estática y dinámicamente.
- j) La envolvente se debe suministrar en secciones para permitir remover el rotor sin dismantelar los ductos.
- k) Se debe incluir un acceso para introducir el equipo necesario para limpiar el rotor del ventilador con agua o vapor.
- l) Se debe suministrar un drenaje en el punto más bajo de la envolvente.
- m) La temperatura para el diseño mecánico de los ventiladores debe ser de 283 K (10 °C) mayor que la temperatura de entrada de diseño del aire o gases de combustión.
- n) Para poder tener un margen en condiciones desfavorables en la operación como álabes sucios del ventilador, fugas en los ductos cada ventilador debe seleccionarse para trabajar a estas condiciones de diseño.
- o) Los ventiladores deben ser de rodete simple con una entrada o de rodete doble con doble entrada. El diseño de los alabes puede ser de punta radial, de perfil aerodinámico o curvado hacia atrás.
- p) Los ventiladores deben accionarse con motor eléctrico. Los accionadores deben cumplir con los requerimientos aplicables del estándar API 560 última edición.
- q) Cuando se utilice motor eléctrico, el ventilador y el accionador deben conectarse utilizando transmisión flexible con protección para sobrecarga.
- r) Cuando se suministra el conjunto ventilador-motor, éste debe apoyarse en una base para disminuir las vibraciones (bastidor de acero al carbono formado de placa y perfiles) en los puntos de apoyo con la cimentación deben emplearse calzas de hule de neopreno.
- s) El accionamiento de los ventiladores puede ser mediante una transmisión a base de bandas con un conjunto de poleas para ajustar las revoluciones del ventilador a las condiciones de operación
- t) Todos los rotores deben ser fácilmente desmontables para su inspección y mantenimiento.
- u) Los ejes de los rotores deben fabricarse de acero al carbono, forjado, torneados y rectificadas con las tolerancias necesarias para un ajuste con las chumaceras y el rotor debe ser probado ultrasónicamente antes de su ensamble.
- v) El control del volumen de aire o de gases de combustión manejados por los ventiladores, se debe hacer mediante compuertas con los ductos que conectan con ellos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 31 DE 60
---	--	--

- w) Las envolventes y cajas de entrada de los ventiladores deben ser herméticas y fabricadas con lámina calibre 16 mínimo o con espesores y refuerzos calculados para prevenir las vibraciones mecánicas y aerodinámicas, además deben construirse en secciones para facilitar el mantenimiento.
- x) Los soportes de la base de la envolvente del ventilador de tiro inducido deben permitir la expansión térmica sin dañar la cimentación.
- y) La orientación de la descarga de los ventiladores debe estar de acuerdo a las necesidades del proyecto y arreglo de los ductos.
- z) Tanto las cajas de entrada como la envolvente deben estar provistas con una conexión de drenado de 63.5 mm con un tapón roscado. Se debe tener una puerta de acceso apernada herméticamente en la envolvente, que permita la entrada del personal para inspección y mantenimiento.
- aa) Los ventiladores, motores y sistemas de transmisión deben ser capaces de trabajar eficientemente con las variaciones de carga del calentador.
- bb) Los bujes, rodamientos y chumaceras, deben suministrarse con un sistema de lubricación para las condiciones del servicio.
- cc) El proveedor debe ejecutar en campo todas las correcciones que sean necesarias para cumplir con los límites de vibración.

8.2.14 Precalentadores de aire.

8.2.14.1 Generalidades.

- a) Los precalentadores aire - gas deben ser del tipo regenerativo o del tipo recuperativo estacionario.
- b) Los precalentadores regenerativos deben ser del tipo Ljungstrom o equivalente y se deben suministrar con motores duales eléctrico y neumático, para permitir la operación en caso de falla de energía eléctrica.
- c) La superficie de calefacción debe ser de acero inoxidable 18Cr – 8 Ni o equivalente para minimizar la corrosión a bajas temperaturas.
- d) Los precalentadores se deben suministrar con sopladores de hollín con vapor y con previsión de lavado con agua a través del soplador. Se debe incluir un drenaje en la envolvente del precalentador.
- e) Cuando se especifique que alguno de los combustibles a utilizar en los calentadores es combustóleo, no se permite el uso de precalentadores de tubos térmicos.
- f) El diseño de los precalentadores debe garantizar por un mínimo de tres años, que las fugas de aire máximas que se presenten sean de 6% para el tipo rotatorio y del 1% para el tipo estacionario.
- g) El área de paso entre los elementos de transferencia de calor debe ser la apropiada para minimizar su ensuciamiento.
- h) El diseño de los precalentadores debe considerar una vida útil de 20 años en las superficies de transferencia de calor.
- i) El diseño del precalentador rotatorio debe ser tal que:
 - Debe accionarse con motor eléctrico, y el precalentador y accionador deben conectarse utilizando un reductor de velocidad.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 32 DE 60
---	--	--

- La superficie de calentamiento, debe ser de dos o tres capas montadas en canastillas, removibles para facilidad de mantenimiento.
- Se debe incluir un sistema contra incendio a base de agua.
- Se debe incluir un sistema de lubricación forzada.

8.2.15 Compuertas.

8.2.15.1 Generalidades.

- a) Para calentadores con sistema de precalentamiento de aire, se deben proporcionar compuertas reguladoras de flujo de aire caliente para la combustión después del precalentador de aire, y compuertas reguladoras de tiro después de la descarga del ventilador de tiro inducido. Estas compuertas deben ser del tipo de igual porcentaje accionadas con actuadores neumáticos regulables con electroposicionador señal de 4-20 mA, 20.68 - 103.42 kPa (3-15 psi), con un torque máximo requerido para 274.6 kPa (40 psi) de presión máxima de aire, con resorte regresador, a falla de aire debe abrir. Debe contar con un accionador hidráulico manual como otra opción ante la falla neumática. A falla de aire estas compuertas deben permanecer en su última posición.
- b) Para los calentadores con sistema de precalentamiento de aire, se deben instalar compuertas tipo guillotina en los ductos de gases de combustión, con objeto de aislar el sistema de precalentamiento de aire del calentador manualmente cuando éste opere en tiro natural, accionadas con un mecanismo a base de poleas y motor eléctrico o accionamiento hidráulico.
- c) Todos los mecanismos accionadores deben ser de alta precisión en la transmisión del movimiento, a partir de barras, no se aceptan mecanismos basados en "catarina" y cadena o similares.

8.2.16 Conexiones para instrumentos y auxiliares.

8.2.16.1 Generalidades.

- a) Las conexiones para los instrumentos requeridos para cada calentador se deben suministrar de acuerdo a los requerimientos establecidos en el DTI (diagrama de tubería e instrumentación) correspondiente.

8.2.16.2 Conexiones mínimas.

Conexiones para instrumentos que el proveedor debe suministrar como mínimo.

- a) Para temperatura del fluido de proceso. En la tubería de enlace de radiación en cada paso.
- b) Para temperatura del aire de combustión para calentadores de tiro forzado o con sistema de precalentamiento de aire.
- c) Para temperatura de gases de combustión en todo el calentador incluyendo el sistema de precalentamiento de aire
- d) Para presión del aire de combustión para calentadores de tiro forzado o con sistema de precalentamiento de aire.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 33 DE 60
---	--	--

- e) Para presión de gases de combustión en todo el calentador incluyendo el sistema de precalentamiento de aire.
- f) Para muestreo de emisiones contaminantes a la atmósfera en cada chimenea de acuerdo a la norma NMX-AA-09-1993-SCFI.
- g) Para muestreo de gases de combustión, adicionales a los requeridos para el muestreo de las emisiones contaminantes a la atmósfera localizadas en la chimenea. En la salida de cada sección de radiación y a la salida de convección.
- h) Para vapor de purga. En cada hogar de la sección de radiación.
- i) Para drenaje y venteo.
- j) Para temperatura de metal de los tubos. Un termocople por termoskin a la salida de cada paso.
- k) Para análisis continuo de oxígeno y monóxido de carbono a la salida de cada hogar o cámara de combustión.

8.2.16.3 Requerimientos para decoquizado.

- a) Se requieren las siguientes partidas cuando se especifica decoquizado aire-vapor en la hoja de datos:
 - El número mínimo de termocoples para termoskins por paso deben ser tres; uno en cada tubo de radiación de la sección escudo, la salida, y uno más centrado.
 - Se deben suministrar 2 bridas con aberturas por serpentín para propósitos de inspección.

8.3 Fabricación

8.3.1 Generalidades

- a) El calentador, y todos los equipos auxiliares, plataformas y escaleras, se deben ensamblar en taller en el grado máximo posible de acuerdo con las instalaciones disponibles para el embarque, recepción y manejo.
- b) La fabricación del acero estructural del calentador se debe efectuar en base a la especificación AISC parte V, capítulo 1.3.3, 5ª edición 1978 o equivalente.
- c) Toda la estructura soldada, incluyendo chimeneas, debe cumplir con los requerimientos del AWS D1.1 última edición o equivalente.
- d) El serpentín se debe fabricar de acuerdo al código ASME B31.3, última edición o equivalente.
- e) Los cabezales colectores y de distribución se deben fabricar de acuerdo al código ASME B31.3, última edición o equivalente.
- f) Los domos de vapor y tubería de interconexión deben ser fabricados de acuerdo al código ASME secciones I, VIII división 1, y IX última edición o equivalente.
- g) Los procedimientos de soldadura y calificación de soldadores deben estar de acuerdo a los requerimientos establecidos en la sección IX del código ASME última edición o equivalente.
- h) Las superficies de metal expuestas a la intemperie se deben proteger de la manera siguiente:

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 34 DE 60
---	--	--

Para las superficies externas sujetas a temperaturas severas como son los casos del piso, paredes y techos de la sección de radiación y convección, si lleva ductos que comunican a las zonas de radiación y convección, apoyos de la transición, transición y chimenea, ductos distribuidores de gases de combustión con aislamiento interno del sistema de precalentamiento de aire se debe realizar:

- Limpieza con chorro abrasivo y acabado a metal blanco.
- Aplicación de una capa de 3 milésimas de espesor de un primario inorgánico de zinc 100% autocurante, base solvente, altos sólidos.
- Aplicación de dos capas de 1.5 milésimas de espesor de un acabado de resina de silicón con pigmento de aluminio, altos sólidos, para altas temperaturas de 523 a 833 K (250 a 560 °C).

Para superficies externas no sujetas a temperaturas severas como son las estructuras de acero (elementos estructurales de escaleras, sistemas de apoyo de plataformas, barandales de plataformas, escaleras marinas, arriostamientos y contraventeos, apoyo de ductos del sistema de precalentamiento de aire, entre otros), ventilador de tiro forzado, ducto del ventilador de tiro forzado al precalentador aire-vapor del sistema de precalentamiento de aire se debe realizar:

- Limpieza con chorro abrasivo y acabado a metal blanco.
- Aplicación de una capa de 3 milésimas de espesor de un primario inorgánico de zinc 100% autocurante, base solvente, altos sólidos.
- Aplicación de dos capas de 3 mils. de espesor de un acabado vinílico de altos sólidos.

Para las superficies externas que tienen sistema de aislamiento externo como es el ducto que comunica al precalentador aire-vapor con el precalentador aire-gas del sistema de precalentamiento de aire, el ducto que comunica al precalentador aire-gas con el distribuidor de aire del sistema de precalentamiento de aire, el distribuidor de aire del sistema de precalentamiento de aire y el ventilador de tiro inducido, se debe realizar:

- Limpieza con chorro abrasivo y acabado a metal blanco.
- Aplicación de una capa de 3 milésimas de espesor de un primario inorgánico de zinc 100% autocurante, base solvente, altos sólidos.

Para las superficies internas sujetas a temperaturas severas como es la caja de aire de quemadores, el ducto que comunica al precalentador aire-gas con el distribuidor de aire del sistema de precalentamiento de aire, el distribuidor de aire del sistema de precalentamiento de aire, se debe realizar:

- Limpieza con chorro abrasivo y acabado a metal blanco.
- Aplicación de una capa de 3 milésimas de espesor de un primario inorgánico de zinc 100% autocurante, base solvente, altos sólidos.
- Aplicación de dos capas de 1.5 milésimas de espesor de un acabado de resina de silicón con pigmento de aluminio, altos sólidos, para altas temperaturas de 523 a 833 K (250 a 560 °C).

Para las superficies internas no sujetas a temperaturas severas como es el ducto del ventilador de tiro forzado al precalentador de aire-vapor del sistema de precalentamiento de aire, el ducto que comunica al precalentador aire-vapor con el precalentador aire-gas del sistema de precalentamiento de aire, se debe realizar:

- Limpieza con chorro abrasivo y acabado a metal blanco.
- Aplicación de una capa de 3 milésimas de espesor de un primario inorgánico de zinc 100% autocurante, base solvente, altos sólidos.

Los componentes de alto Níquel no se deben proteger o pintar.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 35 DE 60
---	--	--

- i) Todos los materiales refractarios y aislantes se deben proteger y almacenar en contenedores a prueba de humedad y contaminantes ambientales y deben incluir claramente la fecha de caducidad de cada uno de los contenedores, antes de su aplicación.
- j) Cada pieza debe estar marcada claramente y pintada según código para su identificación en campo.

8.4 Inspección y Pruebas.

8.4.1. Generalidades.

- a) Todos los materiales y trabajos efectuados por el vendedor deben estar sujetos a inspección por parte de los inspectores designados por el cliente, quienes deben tener libre acceso. Las piezas o componentes que no cumplan con los requerimientos de esta especificación se deben reparar o sustituir sin costo alguno para el cliente.
- b) Las inspecciones de las soldaduras del serpentín de tubos por radiografía, ultrasonido, visuales, partículas magnéticas y líquidos penetrantes, deben estar de acuerdo al código ASME B31.3 última edición o equivalente.
- c) Las inspecciones de las soldaduras de los domos de vapor y tubería de interconexión por radiografía, ultrasonido, visual, partículas magnéticas y líquidos penetrantes, deben estar de acuerdo al código ASME Sección I y VIII división 1 última edición o equivalente.
- d) Los domos de vapor y tubería de interconexión requieren estampado ASME sección I, VIII última edición o equivalente, y deben estar registrados por las unidades de verificación acreditadas por la Entidad Mexicana de Acreditación, el número National Board o equivalente debe estar estampado en cada una de las partes y debe aparecer en todos los reportes del código y dibujos de fabricación.
- e) Se deben de efectuar pruebas radiográficas de las secciones críticas de piezas y accesorios fundidos sujetas a presión y alta temperatura de acuerdo al código ASME Sección VIII última edición o equivalente. El proveedor debe definir las secciones críticas durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle
- f) La prueba hidrostática del serpentín de tubos debe efectuarse sobre un ensamble completo del serpentín, incluyendo la tubería de enlace de acuerdo al código ASME Sección VIII última edición o equivalente.
- g) La inspección del acero estructural debe estar de acuerdo a los requerimientos del código AWS D1.1 última edición o equivalente.
- h) No se requieren pruebas de impacto Charpy.
- i) Las partes a presión soldadas deben probarse hidrostáticamente de acuerdo al código de diseño aplicado.
- j) Los domos, serpentines de vapor y tuberías de interconexión se deben probar hidrostáticamente en base a lo requisitos establecidos en el código ASME sección I última edición o equivalente.
- k) Cada pieza de fundición debe probarse hidrostáticamente de acuerdo al código ANSI B.16.5 "estándar americano para tuberías, bridas de acero y conexiones bridadas" última edición o equivalente, para la clasificación de acero que sea aplicable.
- l) El 10% de todos los materiales de aleación, deben contar con la identificación positiva de materiales , de acuerdo a lo especificado en el estándar ISO 13705 2001/API 560 última edición.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 36 DE 60
---	--	--

8.5 Embarque

El proveedor del calentador a fuego directo debe preparar apropiadamente las secciones del mismo, para su embarque al lugar de la obra, y debe proporcionar al cliente una lista de verificación, que incluya la descripción del tipo de protección y embalaje que debe aplicar a cada uno de los componentes prefabricados para su manejo, transporte y almacenaje, previo al embarque del calentador.

El cliente no debe recibir ningún componente que no cuente con la revisión y autorización previa.

8.6 Partidas suministradas por otros

Cimentación y pernos de anclaje

Instrumentación.

Sistema de suministro de combustibles.

Erección.

Pruebas y arranques de funcionamiento después de integrado al proceso.

8.7 Información requerida con la cotización.

La propuesta del proveedor de los calentadores a fuego directo debe incluir:

- Hojas de datos de calentadores a fuego directo y de equipos asociados totalmente contestadas para cada calentador y por número de caso (ver anexo A) en estricto apego al alcance del suministro especificado por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- Un dibujo de arreglo general que muestre las dimensiones de la caja de fuego o sección de radiación y convección, la localización de quemadores, dimensiones, arreglo de tubos, plataformas, ductos, chimenea, caja de humos, precalentadores de aire y ventiladores, según aplique.
- Una definición completa del alcance del ensamble en taller, incluyendo el número, dimensión y peso de cada una de las partes prefabricadas, número de soldaduras en campo.
- Una descripción detallada de cualquier excepción a los requerimientos especificados.
- La hoja de datos de ruido completamente contestada cuando Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios la solicite.
- Debe proporcionar las curvas que muestren presión, temperatura, vaporización y velocidad de la masa en función del número de tubos cuando Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios lo solicite.
- Fecha para la presentación de todos los dibujos requeridos, datos y documentos.
- Un programa para la ejecución del trabajo después de recibida la orden de compra. Este debe incluir un periodo específico de tiempo por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios para revisar y regresar los dibujos, procura de materiales, manufactura y la fecha requerida del suministro.
- Lista de servicios y cantidades requeridas.
- Lista de partes de repuesto de acuerdo al diseño del calentador.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 37 DE 60
---	--	--

8.8 Información requerida durante la fabricación

8.8.1 Dibujos de arreglo general.

El proveedor de los calentadores a fuego directo debe enviar para revisión los dibujos de arreglo general de cada calentador, estos deben incluir la siguiente información.

- a) Servicio del calentador, el número del equipo asignado por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, el nombre y número del proyecto y su localización, el número de orden de compra, y el número de referencia del proveedor.
- b) Dimensiones de las boquillas terminales, incluyendo la clasificación de las bridas, y tipo de cara; dimensiones de su localización, dirección del flujo de proceso; y las fuerzas, momentos y desplazamientos permisibles en las boquillas terminales.
- c) Arreglo del serpentín y tubería de interconexión, espaciamiento y diámetro de tubos, espesores de pared de tubos, longitud de tubos, especificaciones de materiales incluyendo los grados para partes a presión solamente, y todos los datos de la superficie extendida.
- d) Presiones de diseño del serpentín, presiones de prueba hidrostática, temperatura de diseño del fluido y de pared del tubo, y tolerancia por corrosión.
- e) Código de diseño del serpentín o prácticas recomendadas y código o especificación para la fabricación.
- f) Tipos de aislamientos y refractarios, espesores, y rangos de temperatura de servicio.
- g) Tipos y materiales de las anclas para materiales refractarios y aislantes.
- h) Localización y número de puertas de acceso, puertas de observación, quemadores, sopladores de hollín, reguladores de tiro, conexiones para instrumentos y auxiliares.
- i) Localización y dimensión de plataformas, escaleras, escaleras de rampa.
- j) Dimensiones totales incluyendo equipos auxiliares.
- k) Las especificaciones de los procedimientos de soldadura y registros de calificación de procedimientos se deben elaborar y tener disponibles para la revisión y aprobación de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- l) Se deben elaborar los registros de soldadores y pruebas de calificación de operadores de soldadura del proveedor y estar disponibles para la revisión de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- m) El proveedor debe mostrar en sus dibujos los procedimientos de soldadura aplicables. El número o identificación del procedimiento de soldadura puede ser mostrado tanto en las notas de los dibujos o sobre la junta soldada aplicable. Así mismo, todas las pruebas no destructivas deben estar indicadas en los dibujos correspondientes.

8.8.2 Diagrama de cargas en cimentación.

El proveedor debe proporcionar para su revisión el diagrama de cargas en cimentación para cada calentador. Los diagramas deben contener la siguiente información.

- a) Número y localización de dados de cimentación y soportes.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 38 DE 60
---	--	--

- b) Dimensiones de la placa base.
- c) Localización de los pernos de anclaje, diámetro de los pernos, y proyección sobre la cimentación.
- d) Cargas muertas, cargas vivas, cargas por viento y sismo, reacciones para momentos de volteo, y fuerzas de corte laterales.

8.8.3 Otros Documentos.

El proveedor debe proporcionar a Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios la información siguiente para revisión y comentarios (las etapas individuales de fabricación no deben proceder hasta que todos los documentos relevantes hayan sido revisados, comentados y aprobados).

- a) Dibujos del acero estructural, detalles de chimeneas, ductos y reguladores de tiro y mamparas o compuertas, cálculos del diseño estructural.
- b) Detalles especiales de fabricación de serpentines como son: accesorios especiales, extruidos, deformación en frío, por mencionar algunos.
- c) Dibujos de ensamble de quemadores, dibujos de tubería de quemadores (cuando aplique).
- d) Detalles de soportes de tubos.
- e) Detalles de termopozos y termocoples.
- f) Procedimientos de soldadura, inspección y pruebas.
- g) Procedimientos de instalación, secado y pruebas de materiales refractarios y aislantes.
- h) Cálculos de espesores de refractarios y aislantes incluyendo gradientes de temperatura a través de las secciones del refractario y aislantes, y las fuentes de la conductividad térmica.
- i) Procedimientos de decoquizado.
- j) Procedimientos de instalación, operación y mantenimiento para el calentador y equipos auxiliares, tales como precalentadores de aire, ventiladores, accionadores, quemadores, sopladores de hollín y actuadores neumáticos.
- k) Curvas de comportamiento y hoja de datos de precalentadores, ventiladores, accionadores, quemadores, sopladores de hollín, actuadores neumáticos.
- l) Hoja de datos de ruido.

8.8.4 Dibujos y diagramas certificados.

- a) Después de recibir los comentarios del cliente de los dibujos del arreglo general y diagramas, el proveedor debe proporcionar los dibujos de arreglo general y diagrama de cargas en cimentación certificados. El proveedor debe proporcionar los dibujos de diseño de detalle, dibujos de erección, y un procedimiento de erección. Se deben proporcionar los dibujos de equipos auxiliares.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 39 DE 60
---	--	--

8.8.5 Registro final.

8.8.5.1. Dentro de un periodo de tiempo especificado después de terminada la construcción o embarque, el proveedor debe concluir la instalación de los calentadores a fuego directo con los documentos siguientes.

Hoja de datos y dibujos de como se fabricó el calentador y equipos accesorios. En el caso de que se efectúen cambios en campo, se deben proporcionar los dibujos de cómo quedo construido “as-built” y las hojas de datos.

- a) Reportes de materiales certificados, reportes de prueba de fabricación, o análisis de colada para todas las partes sujetas a presión y aleaciones de superficies extendidas.
- b) Instrucciones de instalación, operación y mantenimiento para el calentador y equipos auxiliares, tales como precalentadores de aire, ventiladores, accionadores, y quemadores, sopladores de hollín, actuadores neumáticos.
- c) Curvas de comportamiento y hoja de datos de precalentadores, ventiladores, accionadores, y quemadores, sopladores de hollín, actuadores neumáticos.
- d) Lista de materiales.
- e) Lista de partes de repuesto.
- f) Procedimiento de secado de materiales refractarios.
- g) Procedimientos de decoquizado.
- h) Certificados de pruebas de fundiciones para soportes de tubos.
- i) Todos los documentos de prueba incluyendo los reportes de pruebas e inspecciones no destructivas.

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 Responsabilidades de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios son responsables de la especificación correcta de la información de proceso requerida para el diseño del calentador a fuego directo. Petróleos Mexicanos debe completar como mínimo aquellos renglones o conceptos de las hojas de datos de calentadores a fuego directo y equipos accesorios anexas en el apéndice A de esta Norma de Referencia, designados por un asterisco (*), así como la información que sea necesaria de acuerdo a las características del proyecto.

- a) Para la opción donde Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios requieran el diseño total del calentador (termo-hidráulico, mecánico y estructural) y exista la posibilidad de que el fluido de proceso será vaporizado al pasar por el calentador, se deben suministrar las curvas de equilibrio, preferentemente a dos o más presiones. Esto es particularmente importante si el equipo operará por debajo de la presión atmosférica. Acompañado a estas curvas deben estar la gravedad específica y el peso molecular de las fracciones de líquido y vapor obtenida para cada punto sobre la curva de destilación.
- b) Se debe proporcionar la temperatura máxima permisible del fluido de proceso a la que debe ser calentado.
- c) Se debe proporcionar la información de los combustibles a utilizar y sus valores caloríficos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 40 DE 60
---	--	--

- d) Se deben especificar los materiales para servicios para temperaturas ambientes de diseño debajo de 243 K (-30 °C).
- e) Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios deben proporcionar la información de las condiciones del sitio donde será instalado el calentador a fuego directo y que deben ser consideradas como datos de diseño del mismo tales como temperatura ambiente máxima/mínima, presión barométrica, humedad relativa, dirección y velocidad máxima de vientos, tipo de suelo, disponibilidad de agua, vapor, aire y energía eléctrica, altitud sobre el nivel del mar, entre otros.
- f) Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios deben proporcionar información sobre las instalaciones disponibles para el embarque, recepción y manejo de los componentes de los calentadores en el lugar específico de la obra.
- g) Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios deben establecer claramente el alcance del suministro.
- h) Se debe especificar el número de copias, hoja de datos, especificaciones, reporte de datos, manuales de operación e instalación, instrucciones, lista de partes de repuesto, y otros datos que se deben suministrar.

9.2 Responsabilidades del proveedor.

- 9.2.1 El proveedor debe cumplir con todos los requerimientos establecidos en esta Norma de Referencia, proporcionando los resultados de las pruebas realizadas a todos y cada uno de los diferentes componentes de los calentadores a fuego directo. Los requerimientos adicionales de diseño a lo especificado en esta Norma de Referencia, deben ser tomados del estándar ISO 13705/API 560 última edición.

9.3 Garantía del proveedor.

Adicionalmente a la garantía solicitada por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, el proveedor debe garantizar que:

- a) El equipo cumpla con todos los requerimientos de esta Norma de Referencia.
- b) El equipo debe rendir el desempeño bajo operación continua a las condiciones de diseño indicadas en las hojas de datos de calentadores a fuego directo. El desempeño satisfactorio incluye operación al flujo de diseño, al calor de absorción de diseño y las temperaturas de proceso especificadas, a/o debajo de la caída de presión especificada.
- c) La eficiencia térmica no debe ser menor que la establecida en la hoja de datos de calentadores a fuego directo.
- d) El nivel de ruido no debe exceder lo establecido en la hoja de datos de calentadores a fuego directo.
- e) Las emisiones no deben exceder los niveles especificados en la legislación vigente en la materia.
- f) Se deben cumplir los valores máximos de fugas de aire garantizados para precalentadores regenerativos y recuperativos.
- g) Estampado ASME de domos de vapor Sección I, VIII última edición o equivalente y tubería de interconexión, cuando aplique.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 41 DE 60
---	--	--

La aprobación de los dibujos de construcción o la liberación de un equipo por parte de un inspector autorizado por Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, no releva al proveedor de la responsabilidad del equipo o alterar las condiciones de garantía.

10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS.

Esta norma concuerda parcialmente con las normas ISO 13705 y 13704.

11. BIBLIOGRAFÍA

NOM	NOM-022-SSA1-1993	Calidad del aire
	NOM-023-SSA1-1993	Calidad del aire
	NOM-024-SSA1-1993	Calidad del aire
	NOM-009-ENER-1995	Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales
	NOM-008-SCFI-2002	Sistema general de unidades de medida
API	Estándar 560, Mayo 2001	Calentadores a Fuego Directo para Servicios Generales en Refinerías (Fired Heaters for General Refinery Service)
	Estándar 530, Septiembre 1988	Cálculo del espesor de tubo de Calentadores a Fuego Directo en Refinerías de Petróleo (Calculation of Heater Tube Thickness in Petroleum Refineries)
	RP 941, Abril 1998	Aceros para Servicios de Hidrógeno a Elevadas Temperaturas y Presiones en Refinerías de Petróleo y Plantas Petroquímicas (Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants)
ASME	B.31.3	Tubería para Refinerías de Petróleo y Plantas Químicas (Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping)
	Section I, II, VIII	Código de Calderas y Recipientes a Presión (Boiler and Pressure Vessel Code)
	Section V	Pruebas No Destructivas (Non Destructive Examination)
	Section IX	Calificación de Soldadura y Latonado (Welding and Brazing Qualifications)
AISC	parte V, capítulo 1.3.3 5ª edición 1978	Especificación para Diseño, Fabricación y Erección de Construcciones de Acero Estructural (Specification for Design, Fabrication, and Erection of Structural Steel for Buildings)
ANSI/AWS	D1.1	Código de Soldadura Estructural (Structural Welding Code)
ANSI	B.16.5	"Estándar Americano para Tuberías, Bidas de Acero, y Conexiones Bidadas"

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 42 DE 60
---	--	--

Norma de 2.443.01, "Calentadores a Fuego Directo"
Petróleos 2ª edición, 1990
Mexicanos

Instituto Especificación Especificación General de Calentadores a Fuego Directo.
Mexicano del B-201
Petróleo Rev1, Mayo 10,
1997.

12. ANEXOS.

- 12.1 Anexo A. Hoja de Datos de Calentadores a Fuego Directo.
- 12.2 Anexo B. Tipos de calentadores a fuego directo



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 43 DE 60

ANEXO A

HOJA DE DATOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		PÁGINA 44 DE 60

 PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		HOJA DE DATOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO	
		No. DOCUMENTO: FECHA: DE 6	HOJA: 1
CLIENTE :		No. PARTIDA :	
SERVICIO :		LOCALIZACIÓN :	
1	EQUIPO:	NÚMERO REQUERIDO :	RE V
2	FABRICANTE :	REFERENCIA :	
3	TIPO DE CALENTADOR :		
4	CALOR ABSORBIDO TOTAL POR CALENTADOR, MW :		
5	CONDICIONES DE DISEÑO DE PROCESO		
6	CASO DE OPERACIÓN *		
7	SECCIÓN DEL CALENTADOR		
8	SERVICIO		
9	CALOR ABSORBIDO, MW		
10	FLUIDO		
11	FLUJO, kg/h		
12	FLUJO, BPD		
13	CAÍDA DE PRESIÓN, PERMISIBLE (LIMPIO/SUCIO), kPA		
14	CAÍDA DE PRESIÓN, CALCULADA (LIMPIO/SUCIO), kPA		
15	DENSIDAD DE FLUJO PROM. RAD., PERMISIBLE, w/ m ²		
16	DENSIDAD DE FLUJO PROM. RAD., CALCULADO, w/ m ²		
17	DENSIDAD DE FLUJO MÁXIMO EN RADIACIÓN, w/ m ²		
18	DENSIDAD DE FLUJO CONV. (TUBO DESNUDO), w/ m ²		
19	LIMITACIONES EN VELOCIDAD, m/s		
20	MÁSA VELOCIDAD DEL FLUIDO DE PROCESO, kg/s m ²		
21	TEMP. INTERNA DE PELÍCULA, MAX. PERMISIBLE/CALC., K (°C)		
22	FACTOR DE ENSUCIAMIENTO, m ² °K/w		
23	ESPESOR DE COQUE PERMISIBLE, mm		
24	CONDICIONES DE ENTRADA :		
25	TEMPERATURA, K (°C) *		
26	PRESIÓN, (KPA man.) (kPA abs.)		
27	FLUJO EN FASE LÍQUIDA, kg/h		
28	FLUJO EN FASE DE VAPOR, kg/h		
29	PESO ESP. DEL LÍQUIDO, (GRADOS API) (GR. ESP.@ 288 K (15°C))		
30	PESO MOLECULAR DEL VAPOR		
31	VISCOSIDAD, (LÍQUIDO/VAPOR), MPa.s @ K (°C)		
32	CALOR ESPECÍFICO, (LÍQUIDO/VAPOR), KJ/Kg °K (°C)		
33	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, (LÍQUIDO/VAPOR), W/ m K (°C)		
34	CONDICIONES DE SALIDA :		
35	TEMPERATURA, °C *		
36	PRESIÓN, (kPA man.) (kPA abs.)		
37	FLUJO EN FASE LÍQUIDA, kg/h		
38	FLUJO EN FASE DE VAPOR, kg/h		
39	PESO ESP. DEL LÍQUIDO, (GRADOS API) (GR. ESP.@ 288 K (15°C))		
40	PESO MOLECULAR DEL VAPOR		
41	VISCOSIDAD, (LÍQUIDO/VAPOR), MPa.s		
42	CALOR ESPECÍFICO, (LÍQUIDO/VAPOR), kJ/kg K (°C)		
43	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, (LÍQUIDO/VAPOR), W/ m K (°C)		



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 45 DE 60

44	REQUERIMIENTOS ESPECIALES Y OBSERVACIONES:						
45	CURVAS DE DESTILACIÓN O COMPOSICIÓN DE LA CARGA DE ALIMENTACIÓN:						
	*						
46	CONDICIONES CORTAS DE OPERACIÓN: *						
47							
48	NOTAS:						
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55		REVISIÓN					
56		FECHA					
57		POR					
58		REVISADO					
59		APROBADO					

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		PÁGINA 46 DE 60

 PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	HOJA DE DATOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO	
	No. DOCUMENTO: FECHA: DE 6	HOJA: 2
CONDICIONES DE DISEÑO DE LA COMBUSTIÓN		
1	CASO DE OPERACIÓN	
2	TIPO DE COMBUSTIBLE *	
3	EXCESO DE AIRE, % *	
4	CALOR LIBERADO CALCULADO (PCI), Gcal/h	
5	EFICIENCIA CALCULADA, % (PCI)	
6	EFICIENCIA GARANTIZADA, % (PCI) *	
7	PÉRDIDAS EN RADIACIÓN, PORCENTAJE DEL CALOR LIBERADO (PCI)	
8	TEMP. GASES DE COMB. SECCIÓN DE RADIACIÓN, K (°C) DEJANDO:	
9	SECCIÓN DE CONVECCIÓN, K (°C)	
10	PRECALENTADOR DE AIRE, K (°C)	
11	CANTIDAD DE GASES DE COMBUSTIÓN, kg/h	
12	MÁSA VELOCIDAD DE GASES DE COMB. A TRAVÉS DE CONV., kg/s m ²	
13	TIRO: EN EL PUENTE, Pa	
14	A NIVEL DE QUEMADORES, Pa	
15	TEMP. AIRE AMBIENTE, PARA CÁLCULO DE EFICIENCIA, K (°C) *	
16	TEMPERATURA AMBIENTE, PARA DISEÑO DE CHIMENEA, K (°C) *	
17	ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR, mm *	
18	CALOR LIBERADO VOLUMÉTRICO (PCI), kW/ m ³	
19	CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES	
20	GAS : *	
21	PCI: * kJ/(Kg) (Nm3)	LÍQUIDO : * kJ/kg
22	PCS: * kJ/(Kg) (Nm3)	PCS: * kJ/kg
23	PRES.. @ QUEMADOR kPA man *	PRES.. @ QUEMADOR kPA man *
24	TEMP. @ QUEMADOR K (°C) *	TEMP. @ QUEMADOR: K (°C) *
25	PESO MOLECULAR *	VISCOSIDAD@ SSU
26		TEMP. VAPOR ATOMIZACIÓN* K (°C)
27	COMPOSICIÓN * MOL%	PRES. VAPOR ATOMIZACIÓN* kPA man
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38	DATOS DE QUEMADORES	
39	FABRICANTE:	TAMAÑO / MODELO: NÚMERO:

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		PÁGINA 47 DE 60

40	TIPO: *	LOCALIZACIÓN:	ORIENTACIÓN		
41	CALOR LIBERADO POR QUEMADOR, MW DISEÑO :		NORMAL :	MÍNIMO :	
42	CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DEL QUEMADOR @ CALOR LIBERADO DE DISEÑO, Pa :				
43	DISTANCIA LÍNEA CENTRO DE QUEMADOR A CENTRO DE TUBO, m		HORIZONTAL :	VERTICAL:	
44	DISTANCIA LÍNEA CENTRO DE QUEM. A REFRACTARIO NO ESCUDADO, m		HORIZONTAL :	VERTICAL:	
45	TIPO DE PILOTO: *		CAPACIDAD, kW		
46	METODO DE IGNICIÓN: *				
47	DETECTORES DE FLAMA, LOCALIZACIÓN : *		NÚMERO:		
48	EMISIONES REQUERIDAS: ppmv(d) (CORREGIDAS A 3% O ₂)		NOx:	CO:	SOx:
49	kg/kJ	(PCI)	(PCS)	UHC:	PARTÍCULAS:
50	NOTAS:				
51					
52					
53					
54					
55		REVISIÓN			
56		FECHA			
57		POR			
58		REVISADO			
59		APROBADO			

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		PÁGINA 48 DE 60

 PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	HOJA DE DATOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO				
	No. DOCUMENTO: FECHA: DE 6			HOJA: 3	
CONDICIONES DE DISEÑO MECANICO					
1	LIMITACIONES DE LOCALIZACIÓN: *		LIMITACIONES DE LA CHIMENEA :*		
2	LIMITACIONES EN TUBOS: *		LIMITACIONES DE RUIDO: *		
3	DATOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL: VELOCIDAD DE VIENTO: *		OCURRENCIA DE VIENTO: *		
4	CARGA POR NIEVE:		ZONA SÍSMICA: *		
5	TEMPERATURA AMBIENTE DEL AIRE MIN./ NORMAL / MAX., K (°C) *		HUMEDAD RELATIVA, %: *		
6	SECCIÓN DEL CALENTADOR:				
7	SERVICIO :				
8	DISEÑO DEL SERPENTIN :				
9	BASES DE DISEÑO: ESPESOR PARED TUBO (CODIGO O ESP.) *				
10	RESISTENCIA A LA RUPTURA (MIN. O PROMEDIO)				
11	VIDA DE DISEÑO, h *				
12	PRESIÓN DE DISEÑO, ELÁSTICO/RUPTURA, kPa man *				
13	TEMPERATURA DE DISEÑO DEL FLUIDO, K (°C) *				
14	TOLERANCIA EN LA TEMPERATURA DEL FLUIDO, K (°C) *				
15	CORROSIÓN PERMISIBLE, TUBOS / ACCESORIOS, mm *				
16	PRESIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA, kPa man				
17	TRATAMIENTO TÉRMICO POST-SOLDADURA (SI O NO) *				
18	PORCENTAJE DE SOLDADURAS 100% RADIOGRAFIADAS *				
19	TEMPERATURA MÁXIMA DE METAL (LIMPIO), K (°C)				
20	TEMPERATURA MÁXIMA DE METAL DE DISEÑO, K (°C)				
21	COEFICIENTE INTERNO DE PELÍCULA, kcal/h m ² K (°C)				
22	ARREGLO DEL SERPENTIN :				
23	ORIENTACIÓN DE TUBOS: HORIZONTAL O VERTICAL				
24	MATERIAL DEL TUBO (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *				
25	DIÁMETRO EXTERNO DE TUBO, mm				
26	ESPESOR DE PARED DE TUBO, (MÍNIMO) (PROMEDIO), mm				
27	NÚMERO DE PASOS				
28	NÚMERO DE TUBOS / NÚMERO DE TUBOS POR HILERA.				
29	NÚMERO DE TUBOS POR CAMA (SECCIÓN CONVECCIÓN)				
30	LONGITUD TOTAL DE TUBO, m				
31	LONGITUD EFECTIVA DE TUBO m				
32	TUBOS DESNUDOS: NÚMERO				
33	SUPERFICIE TOTAL EXPUESTA, m ²				
34	TUBOS DE SUPERFICIE EXTENDIDA: NÚMERO				
35	SUPERFICIE TOTAL EXPUESTA, m ²				
36	ARREGLO DE TUBOS (EN LÍNEA O TRIANGULAR)				
37	ESPACIAMIENTO TUBOS, CENT. A CENT. :HORIZONTAL, mm				
38	DIAGONAL, mm				
39	VERTICAL, mm				
40	ESPACIAMIENTO CENTRO TUBO A PARED DE HORNO., mm				
41	DEFLECTOR DE GASES (SI O NO)				
42	ANCHO DEL DEFLECTOR DE GASES, mm				
43	DESCRIPCIÓN DE LA SUPERFICIE EXTENDIDA :				
44	TIPO: (BIRLO) (ALETA SEGMENTADA) (ALETA SÓLIDA) *				



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 49 DE 60

45	MATERIAL					
46	DIMENSIONES : ALTURA, mm					
47	ESPESOR, mm					
48	ESPACIAMIENTO (No. / mm)					
49	TEMPERATURA MÁXIMA BIRLO Y/O ALETA, (CALCULADA), K (°C)					
50	RELACIÓN DE EXTENSIÓN (ÁREA TOTAL / ÁREA DESNUDA)					
51	TIPO DE CABEZALES TIPO TAPÓN :					
52	TIPO *					
53	MATERIAL (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *					
54	CLASIFICACIÓN NOMINAL					
55	LOCALIZACIÓN (UNA O AMBOS EXTREMOS) *					
56	JUNTA SOLDADA O ROLADA *					
57	NOTAS:					
58		REVISIÓN				
59		FECHA				
60		POR				
61		REVISADO				
62		APROBADO				



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 50 DE 60



PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

HOJA DE DATOS DE CALENTADORES
A FUEGO DIRECTO

No. DOCUMENTO:

FECHA:
DE 6

HOJA: 4

CONDICIONES DE DISEÑO MECANICO (CONT.)

1	SECCIÓN DEL CALENTADOR					REV
2	SERVICIO					
3	RETORNOS TIPO U:					
4	TIPO					
5	MATERIAL (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *					
6	CLASIFICACIÓN NOMINAL O CEDULA					
7	LOCALIZACIÓN (H = HOGAR, C.C. = CAJA DE CABEZALES)					
8	TERMINALES Y CABEZALES DE DISTRIBUCION :					
9	TIPO (BIS. =BISELADO, CAB.= CABEZAL, BRD= BRIDADO) *					
10	ENTRADA: MATERIAL (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *					
11	DIÁMETRO					
12	CÉDULA O ESPESOR					
13	NÚMERO DE TERMINALES					
14	MATERIAL DE BRIDA (ESPEC. ASTM Y GRADO)					
15	DIÁMETRO DE BRIDA Y CLASIFICACIÓN					
16	SALIDA MATERIAL (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *					
17	DIÁMETRO					
18	CÉDULA O ESPESOR					
19	NÚMERO DE TERMINALES					
20	MATERIAL DE BRIDA (ESPEC. ASTM Y GRADO)					
21	DIÁMETRO DE BRIDA Y CLASIFICACIÓN					
22	CONEXIÓN CABEZAL A TUBO (SOLDADO, EXTRUIDO, ETC) *					
23	LOCALIZACIÓN DE CABEZAL (CAJA DE CAB. INT. O EXT.) *					
24	TUBERÍA DE ENLACE :					
25	SOLDADA O BRIDADA *					
26	MATERIAL DE TUBO (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *					
27	DIÁMETRO DE TUBO					
28	CÉDULA O ESPESOR DE TUBO					
29	MATERIAL DE BRIDA *					
30	DIÁMETRO/CLASIFICACIÓN DE BRIDA					
31	LOCALIZACIÓN (INTERNA / EXTERNA) *					
32	TEMPERATURA DEL FLUIDO, K(°C)					
33	SOPORTE DE TUBOS :					
34	LOCALIZACIÓN (EXTREMOS, SUPERIOR, INFERIOR)					
35	MATERIAL (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO)					
36	TEMPERATURA DE METAL DE DISEÑO, K (°C)					
37	ESPESORES, mm					
38	AISLAMIENTO ESPESOR, mm					
39	MATERIAL					
40	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO)					



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 51 DE 60

41	SOPORTES DE TUBOS INTERMEDIOS :						
42	MATERIAL (ESPECIFICACIÓN ASTM Y GRADO) *						
43	TEMPERATURA DE METAL DE DISEÑO, K (°C)						
44	ESPESORES, mm						
45	ESPACIAMIENTO, m						
46	GUÍAS DE TUBOS :						
47	LOCALIZACIÓN						
48	MATERIAL *						
49	TIPO/ ESPACIAMIENTO						
50	CAJA DE CABEZALES :						
51	LOCALIZACIÓN :	ARTICULADA/APERNADA					
52	MATERIAL DE PLACA:	ESPESORES, mm					
53	MATERIAL DEL AISLANTE	ESPESORES, mm					
54	ANCLAS (MATERIAL TIPO) :						
55	NOTAS :						
56							
57		REVISIÓN					
58		FECHA					
59		POR					
60		REVISADO					
61		APROBADO					

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		PÁGINA 52 DE 60

 PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	HOJA DE DATOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO	
	No. DOCUMENTO: FECHA: DE 6	HOJA: 5
CONDICIONES DE DISEÑO MECANICO (CONT.)		
1	BASES DE DISEÑO DE REFRACTARIO:	
2	AMBIENTE K(°C): * VELOCIDAD DE VIENTO m/s TEMP. DE PLACA K (°C)	
3	PAREDES VERTICALES EXPUESTAS :	
4	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO, mm TEMP. DE SERVICIO DE CARA CALIENTE K (°C) : CALCULADA K (°C)	
5	CONSTRUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO:	
6		
7	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO):	
8	MATERIAL DE PLACA: ESPESOR, mm: TEMPERATURA K(°C)	
9	PARED VERTICAL ESCUDADA:	
10	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO, mm TEMP. DE SERVICIO DE CARA CALIENTE K (°C): CALCULADA K (°C)	
11	CONSTRUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO:	
12		
13	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO):	
14	MATERIAL DE PLACA: ESPESOR, mm: TEMPERATURA, K (°C)	
15	TECHO :	
16	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO, mm TEMP. DE SERVICIO DE CARA CALIENTE K (°C) CALCULADA K (°C)	
17	CONSTRUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO:	
18		
19	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO):	
20	MATERIAL DE PLACA: ESPESOR, mm: TEMPERATURA, K (°C)	
21	PISO :	
22	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO, mm TEMP. DE SERVICIO DE CARA CALIENTE K (°C): CALCULADA K (°C)	
23	CONSTRUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO:	
24		
25	MATERIAL DE LA PLACA: ESPESOR, mm: TEMPERATURA, K(°C)	
26	ELEV. MÍNIMA DE PISO, mm: * ESPACIO LIBRE DEBAJO DEL ATENUADOR DE RUIDO, mm	
27	SECCIÓN DE CONVECCIÓN:	
28	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO, mm TEMP. DE SERVICIO DE CARA CALIENTE K (°C) : CALCULADA K (°C)	
29	CONSTRUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO :	
30		
31	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO) :	
32	MATERIAL DE PLACA: ESPESOR, mm: TEMPERATURA, K(°C)	
33	PARED INTERNA :	
34	TIPO : MATERIAL :	
35	DIMENSIÓN, ALTO /ANCHO, m :	



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 53 DE 60

36	DUCTOS :		GASES DE COMBUSTIÓN			AIRE DE COMBUSTIÓN			
37	LOCALIZACIÓN	COLECTOR							
38	DIMENSIÓN, m O ÁREA LIBRE NETA m ²								
39	MATERIAL DE PLACA								
40	ESPESOR DE PLACA, mm								
41	AISLANTE INTERNO / EXTERNO								
42	ESPESOR, mm								
43	MATERIAL								
44	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO)								
45	TEMPERATURA DE LA PLACA, K (°C)								
46									
47	CAMARA ATENUADORA DE RUIDO (AIRE):								
48	TIPO DE ATENUADOR DE RUIDO (COMÚN O INTEGRAL)								
49	MATERIAL DE LA PLACA:		ESPESOR, mm:			DIMENSION, mm:			
50	MATERIAL AISLANTE:					ESPESOR, mm :			
51	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO)								
52	NOTAS:								
53									
54									
55									
56					REVISIÓN				
57					FECHA				
58					POR				
59					REVISADO				
60					APROBADO				

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004
		Rev.: 0
		PÁGINA 54 DE 60

 PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	HOJA DE DATOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO					
	No. DOCUMENTO:				HOJA: 6	
CONDICIONES DE DISEÑO MECANICO (CONT.)						
1	CHIMENEA: TIPO					REV
2	NÚMERO :	AUTOSOPORTADA O GUIADA:		LOCALIZACIÓN :		
3	MATERIAL DE PLACA:	ESPESORES, mm:		ESPESOR MÍNIMO, mm: *		
4	DIÁMETRO INTERNO A PLACA, m:	ALTURA SOBRE NIVEL DE PISO, m		LONGITUD DE CHIMENEA, m:		
5	MATERIAL REFRACTARIO:			ESPESOR, mm:		
6	ANCLAS (MATERIAL Y TIPO):					
7	EXTENSIÓN DEL REFRACTARIO, m: *			INTERNO O EXTERNO:		
8	VELOCIDAD DE DISEÑO DE GASES DE COMBUSTIÓN, m/s		TEMPERATURA DE GASES DE COMBUSTIÓN, °C:			
9	REGULADOR DE TIRO					
10	LOCALIZACIÓN					
11	TIPO (CONTROL, CIERRE HERMÉTICO, ETC.)					
12	MATERIAL: HOJA					
13	FLECHA					
14	MÚLTIPLE / HOJA SIMPLE					
15	OPERACIÓN (MANUAL O AUTOMÁTICA) *					
16	TIPO DE OPERADOR (CABLE O NEUMÁTICO) *					
17	PLATAFORMAS					
18	LOCALIZACIÓN *	NÚMERO	ANCHO	LONGITUD / ARCO	RAMPA/MARINA	ELEV. ACCESO
19						
20						
21						
22						
23						
24	TIPO DE REJILLA: *					
25	PUERTAS :					
26	TIPO :	NÚMERO	LOCALIZACIÓN	DIMENSIONES	PERNADA/ARTIC	
27	ACCESO *					
28						
29	OBSERVACIÓN *					
30						
31	REMOCIÓN DE TUBOS *					
32						
33	MISCELÁNEOS :					
34	CONEXIONES PARA INSTRUMENTOS			NÚMERO	DIMENSIONES	TIPO
35	AIRE DE COMBUSTIÓN: TEMPERATURA *					
36	PRESIÓN *					
37	GASES DE COMBUSTIÓN: TEMPERATURA *					
38	PRESIÓN *					
39	MUESTREO DE GASES DE COMBUSTIÓN : *					
40	VAPOR DE APAGADO/ PURGA *					
41	ANALIZADOR DE O ₂ *					
42	VENTEOS / DRANAJE *					
43	TEMPERATURA DEL FLUIDO DE PROCESO *					



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 55 DE 60

44	TERMOCOPLES PARA TERMOSKIN *					
45						
46						
47	REQUERIMIENTOS DE PINTURA: *					
48						
49	RECUBRIMIENTO INTERNO: *					
50	REQUERIMIENTOS DE GALVANIZADO *					
51	SE INCLUYE CARRO Y RIEL PARA PINTOR (SI O NO)					
52	EQUIPO ESPECIAL: SOPLADORES DE HOLLÍN: *					
53	PRECALENTADOR DE AIRE: *					
54	VENTILADOR(ES): *					
55	OTROS : *					
56	NOTAS :					
57		REVISIÓN				
58		FECHA				
59		POR				
60		REVISADO				
61		APROBADO				



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CALENTADORES A
FUEGO DIRECTO PARA
PLANTAS DE PROCESO

No. de Documento:
NRF-089-PEMEX-2004

Rev.: 0

PÁGINA 56 DE 60

ANEXO B

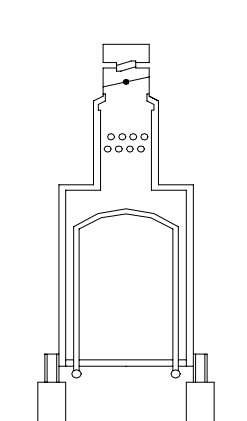
TIPOS DE CALENTADORES A FUEGO DIRECTO

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CALENTADORES A FUEGO DIRECTO PARA PLANTAS DE PROCESO	No. de Documento: NRF-089-PEMEX-2004 Rev.: 0 PÁGINA 57 DE 60
---	--	--

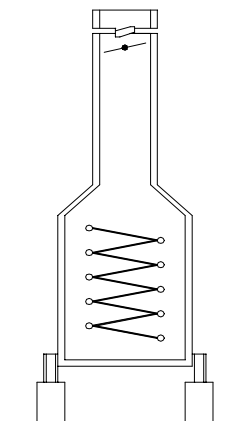
Los calentadores a fuego directo se pueden clasificar de acuerdo al servicio que proporcionan:

- A. Calentadores.- Se denominan así a los que se usan para suministrar calor a la corriente de proceso para calentarla, evaporar una parte o toda la carga sin que haya cambios químicos. Por ejemplo: calentadores de carga al reactor, rehervidores de columnas, sobrecalentadores de vapor, calentadores de gas, por mencionar algunos.
- B. Calentadores de rompimiento (craking).- Son hornos en los que se efectúa una descomposición térmica para obtener determinados productos o mejores compuestos para uso industrial. Por ejemplo, hornos de producción de olefinas, reductores de viscosidad, por mencionar algunos.
- C. Reformadores u Hornos Vapor-Hidrocarburos.- Son hornos en los cuales se lleva a cabo una reacción química catalizada dentro del serpentín. Generalmente se diseñan los tubos como cámaras individuales de reacción con lechos de catalizador y que se calientan en la sección de radiación. Estos reformadores se usan para la producción de hidrógeno con los siguientes fines.
 - a) Hidrógeno puro.
 - b) Producción de amoníaco.
 - c) Producción de metanol.

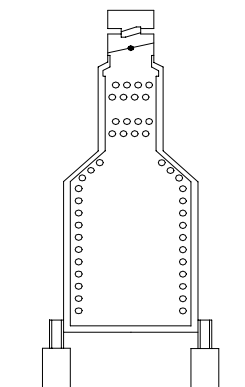
La figura 1 muestra algunos tipos típicos de calentadores.



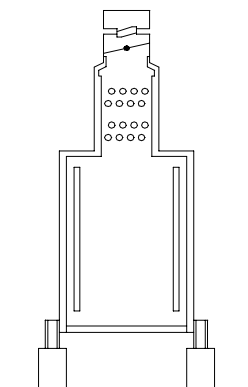
Tipo A - Calentador Rectangular con
Serpentín Arbor



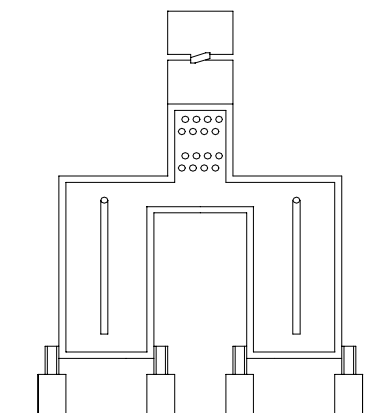
Tipo B - Calentador Cilíndrico con
Serpentín Helicoidal



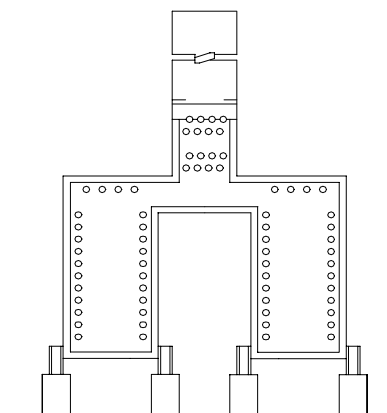
Tipo C - Calentador con Serpentín
tubos Horizontal



Tipo D - Calentador Cilíndrico con
Serpentín Vertical



Tipo E - Calentador Rectangular con
Serpentín Vertical



Tipo F - Calentador con Serpentín
tubos Horizontal

Figura 1. Tipos de Calentadores Típicos

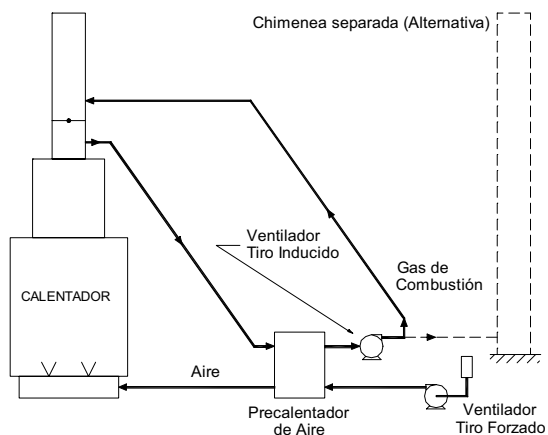


Fig. 2. Sistema precalentador de aire usando unidad de intercambiador de calor regenerativo/recuperativo.

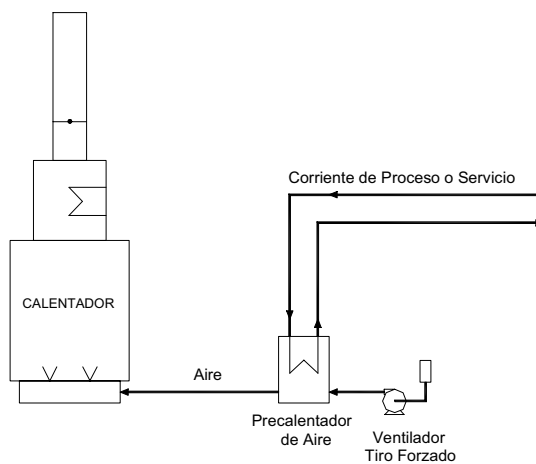


Fig. 3. Fuente de calentamiento externo para precalentamiento de aire.

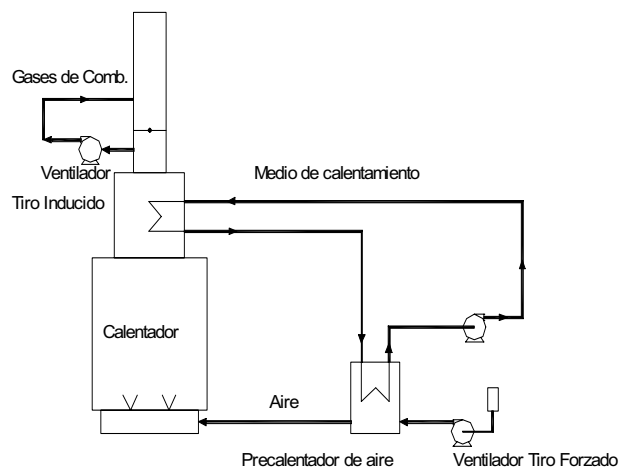


Fig. 4. Sistema usando un precalentamiento de aire indirecto cerrado con circulación mecánica.