

Capítulo 2

CALDERAS DE TUBOS DE HUMOS

La caldera de tubos de humos o pirotubular (de tubos de fuego) es la caldera que más prevalece y se utiliza para aplicaciones de calentamiento de procesos y aplicaciones industriales y comerciales. Las calderas antiguas requerían grandes refuerzos. Las configuraciones de caldera están influidas por las necesidades de transferencia térmica de modo que se puede extraer del combustible y del material la mayor parte del calor que las condiciones económicas permitan. El efecto de la forma es de inmensa importancia para las tensiones y requerimientos de esfuerzo de una caldera. Es bien conocida la ley científica de que la presión de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones. Siguiendo esta ley, un recipiente de forma irregular sujeto a presión interna siempre tiende en sus esfuerzos y distribución de los mismos hacia una forma esférica perfecta. La primera tendencia de un depósito o recipiente de forma oval sería a cambiar su sección transversal elíptica hacia un verdadero círculo.

Con relación a estos hechos, uno puede pensar en un fondo plano de un recipiente trabajando a muy poca presión interna y ver qué tipo de refuerzo se ha de utilizar. Sin embargo, si se utiliza un fondo esférico o abombado, el refuerzo puede disminuirse o contrarrestarse con dicha disposición. Los fondos de calderines de calderas de alta presión son siempre prácticamente curvos o abombados en forma elíptica. No se precisan refuerzos adicionales para estos fondos o cabezales de calderín.

La mayoría de las calderas pirotubulares tienen superficies planas que requieren arriostramientos consistentes en tirantes transversales o diagonales, porque la placa plana tendría que tener un gran espesor para resistir la presión de trabajo impuesta. Los hogares interiores como los de las calderas SM (Scotch Marine, marina escocesa) trabajan a compresión y la tensión flectora causada por la presión dentro de la caldera actúa sobre la circunferencia exterior y cilindro longitudinal, que es el hogar de la caldera. Esta fuerza tiende a aplastar el hogar, y la chapa del hogar para no ser de espesor excesivo necesita ser atirantada* o arriostrada. Esta chapa del hogar interior suele adoptar forma ondulada o con anillos de refuerzos colocados a lo largo del hogar tubular.

* Con tirantes y/o virotillos.

Los cálculos de los componentes de las calderas pirotubulares están detallados en el capítulo sobre Normativa de Tensiones y Cálculos de Esfuerzos.

Tipos y disposición. Las calderas pirotubulares se clasifican en tubulares horizontales (HRT) (de retorno horizontal), económicas o de tipo de cajas de humos, de caja de fuego tipo locomotora, tipo marina escocesa, tubular vertical y caldera vertical sin tubos. La caldera horizontal HRT ahora representa sólo alrededor del 5 por 100 de las calderas en servicio del total de las del tipo de tubos de humos que están operativas. El diseño de la marina escocesa (véase la Figura 2.1) de hogar interior es el tipo pirotubular dominante para ambos tipos de procesos, industriales y de calefacción, hasta alrededor de 22,5 toneladas/hora de capacidad. Por encima de esta capacidad de producción generalmente se utilizan las calderas de tubos de agua.

Detalles generales constructivos. La caldera pirotubular tiene los finales de los tubos expuestos a los productos de la combustión y tiene otras superficies planas que requieren arriostramientos con acero estructural para evitar un espesor de chapa excesivo. Los tubos en todas las calderas pirotubulares deben ser laminados y mandrilados (achaflanado) (Fig. 2.2) o laminados y soldados. Si son laminados y solda-

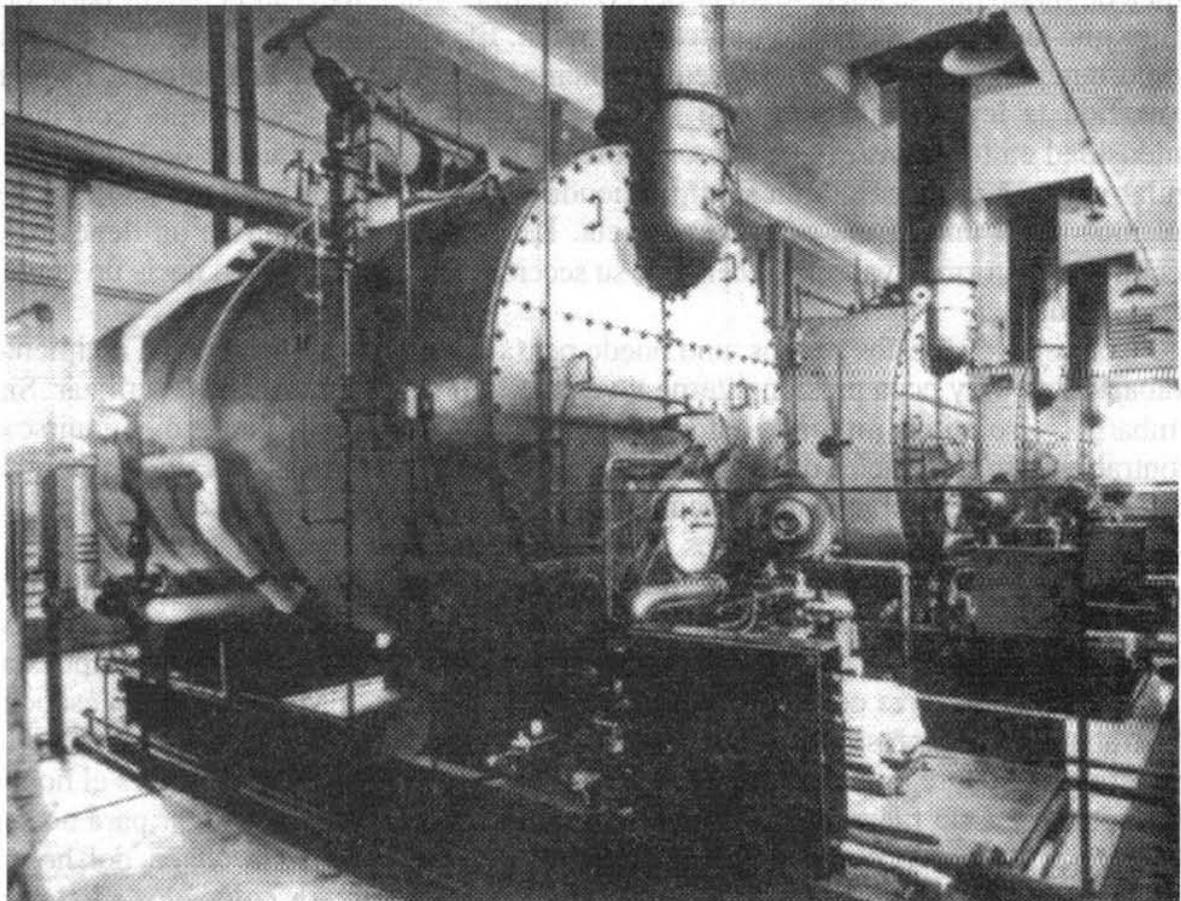


Figura 2.1. Cuatro calderas compactas SM de 400 HP (6,25 Tns/hora) equipadas para quemar combustible petrolífero líquido o gaseoso suministran vapor para calefacción y proceso en una instalación militar. (Cortesía de Cleaver-Brooks Co.)

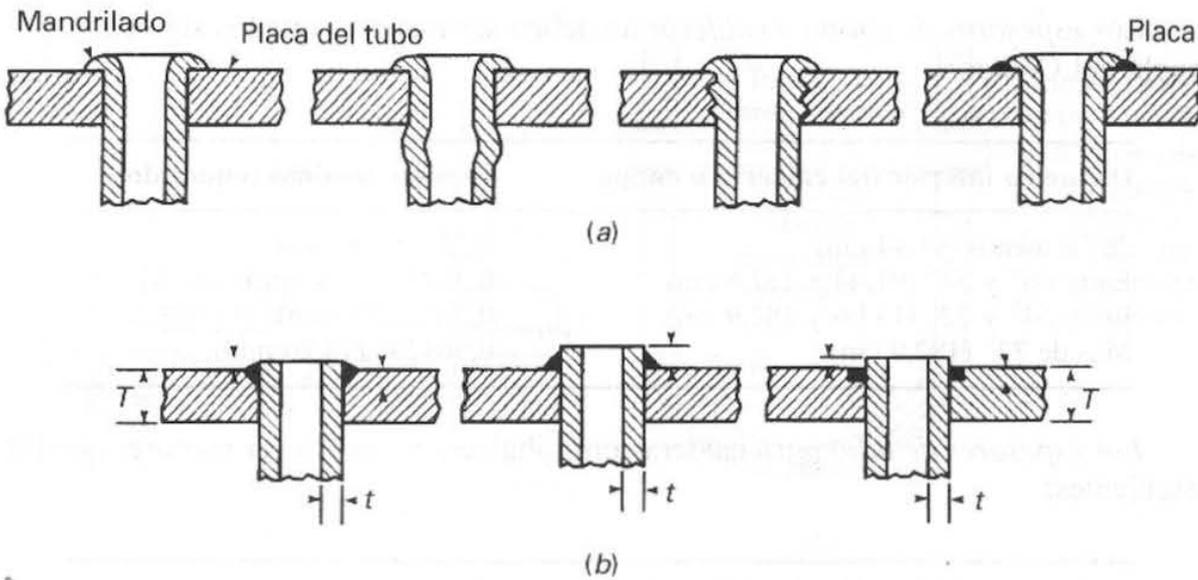


Figura 2.2. Fijaciones de los tubos de humos permitidas por el Código. (a) Tubos laminados y mandrilados en calderas pirotubulares. (b) Tubos laminados y soldados en calderas pirotubulares. Véase el Código para dimensiones de soldadura y sobre dimensionado del tubo y alojamiento en placa.

dos, en calderas de alta presión, véanse los detalles de soldadura en la sección primera del código ASME de calderas de potencia (Power Boilers). Los tubos son mandrilados o achaflanados en sus bordes extremos para evitar que los finales de tubo sean quemados por los gases calientes en esta zona. El mandrilado también incrementa la transferencia de calor cerca de la chapa final del tubo y la unión de éste. Las pestañas o rebordes del extremo del tubo son achaflanadas en aproximadamente $1/16''$ (1,6 mm) sobre el diámetro de los taladros de forma que no haya rasgaduras o cortes en el tubo cuando se expande. Los alojamientos de los tubos de humos están mecanizados con una holgura de $1/16''$ (1,6 mm) en diámetro sobre el diámetro exterior del tubo, de modo que se permita al tubo con su cascarilla introducirse sobre la placa sin dañar el taladro de ésta.

Los tubos de humos están normalmente sometidos a presión exterior, así que pueden comprimirse o aplastarse pero no reventar o estallar de dentro hacia afuera. Los mayores problemas son la pérdida de tubos en la placa; grietas, quemaduras y corrosión de los extremos del tubo; picado exterior por el agua y corrosión que produce fugas; y corrosión por el interior (lado humos), así como picaduras que provocan fugas o arranques en la chapa del tubo (como consecuencia de un laminado deficiente). También las capas de depósitos en el revestimiento del lado de agua que producen sobrecalentamiento y posible pandeo y/o pérdida de material de la chapa del tubo.

El cilindrado o barrilete de los recipientes o chapas de colectores debe hacerlos circulares y estar dentro del límite del 1 por 100 del diámetro medio. Esto también se aplica a los calderines de las calderas de tubos de agua. Durante las inspecciones de reconocimiento de daños de calderines o chapas de calderas por sobrecalentamiento, estos requisitos del Código pueden usarse como guía para comprobar si la caldera aún cumple estos requisitos de circularidad (o límite de redondez).

Los *espesores de chapa y calderín* no deben ser menores que los siguientes por regla del Código:

Diámetro interior del calderín o chapa	Espesor mínimo requerido
36" o menos (91,44 cm)	0,25" (6,35 mm)
Entre 36" y 54" (91,44 y 137,6 cm)	0,3125" (7,94 mm)
Entre 54" y 72" (137,6 y 182,9 cm)	0,50" (12,7 mm)
Más de 72" (182,9 cm)	0,56125" (14,26 mm)

Los *espesores de tubo para calderas pirotubulares* no deben ser menores que los siguientes:

Diámetro interior del calderín o chapa	Espesor mínimo requerido
42" o menos (106,7 cm)	0,375" (9,53 mm)
De 42" a 54" (106,7 a 137,6 cm)	0,4375" (11,11 mm)
De 54" a 72" (137,6 a 182,9 cm)	0,50" (12,7 mm)
Más de 72" (182,9 cm)	0,56125" (14,26 mm)

Las superficies planas son arriostradas bien con tornillos o tirantes. Los tornillos (o virotillos) pueden ser roscados, soldados y huecos. Se utilizan generalmente para arriostrar pequeñas separaciones o luces, como las chapas interior y exterior de los pasos de agua.

Véanse las Figuras 2.3a y b. Los finales de los virotillos o tirantes roscados atraviesan la chapa y se extienden más allá de ésta no menos de dos roscas cuando se instalan, después de lo cual los finales deben roblonarse o remacharse sobre ella sin daño excesivo de la chapa. Pueden también fijarse con tuercas roscadas, supuesto que los virotillos o tornillos se extienden y pasan a través de la tuerca.

Si los tirantes o virotillos son macizos, de 8" (203,2 mm) de longitud o menores y roscados, pueden estar taladrados con orificios de seguridad* (Fig. 2.3a) al menos de 3/16" (4,763 mm) de diámetro y una profundidad que se prolongue al menos 1/2" (12,7 mm) más allá del grosor de la chapa. Si el tornillo o tirante está reducido de diámetro entre sus extremos, el orificio de seguridad debe extenderse 1/2" (12,7 mm) más allá del punto donde empieza la disminución de diámetro. Para los tornillos de más de 8" (203,2 mm) de longitud los orificios chivatos no se precisan, ni incluso si el tornillo o tirante está fijado por soldadura y se han seguido las normas del código. Véase la Figura 2.3. Como los tornillos o tirantes normalmente se rompen cerca de la chapa soportada, debe prestarse atención al escape de agua proveniente del orificio de seguridad o «chivato».

Los tornillos, tirantes y virotillos deben estar colocados en taladros perforados a través de la chapa, excepto para los diagonales, que pueden soldarse por un extremo a la chapa, pero no por la cabeza, y supuesto que la soldadura no es menor de 3/8"

* O chivatos.

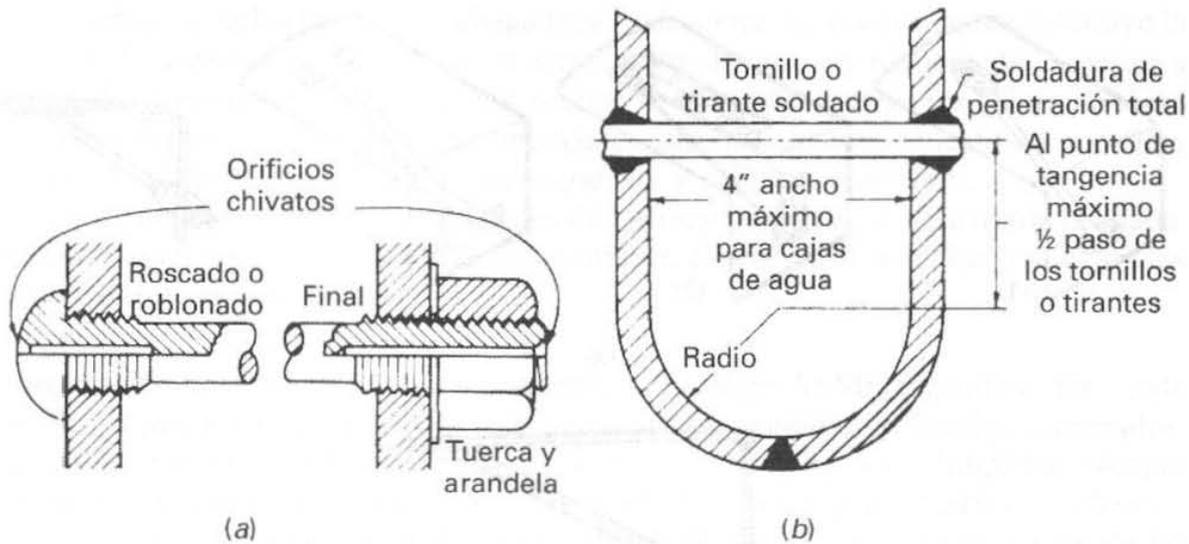


Figura 2.3. Tirantes o tornillos permitidos por Código. (a) Los tornillos roscados deben tener orificios que muestren si existen grietas en el interior del tirante o tornillo. (b) Detalles de los tirantes o tornillos soldados. Estos tipos de tirantes o tornillos no precisan orificios chivatos.

(9,53 mm) y que el filete de soldadura continua a lo largo del tirante. Los tornillos insertados por soldadura no pueden proyectarse más de $3/8''$ (9,5 mm) más allá de la chapa expuesta a los productos de combustión. La soldadura debe descargarse de tensiones después de realizada. No se requiere radiografía (rayos X).

Atirantado (arriostrado) de chapas con virotillos o tirantes. En calderas pirotubulares el segmento de chapa por encima de la parte superior de los tubos requiere arriostramiento. Para esto hay tres sistemas o métodos normales. En una caldera que no exceda de las $36''$ (914,4 mm) de diámetro o 100 psi (7 kg/cm²) de presión de trabajo, las formas estructurales, como angulares o «UES» de acero, pueden soldarse al segmento (en los extremos del mismo). Los pasos exteriores están proporcionados para tener resistencia suficiente a la flexión para soportar la carga debida a la presión (es decir, los que constituyen el cilindro en sí).

Para calderas que excedan de las $36''$ (914,4 mm) de diámetro o 100 psi (7 kg/cm²) de presión de trabajo, el segmento o zona plana de la chapa (circular exterior diámetro de calderas) requiere arriostramiento bien por tirantes diagonales entre las chapas tubulares (o «cáscara» de caldera) o mediante arriostramientos a lo largo de todo el cilindro-caldera. Esta última es preferible, porque deja más espacio interior libre de caldera para limpieza e inspección. Los tirantes o traviesas transversales pueden hacer muy difícil para un trabajador o inspector moverse alrededor de los tubos de caldera.

Las calderas viejas tienen arriostramientos diagonales roblonados a la chapa y «cáscara» (o chapa tubo caldera) como se ve en la Figura 2.4a de la página siguiente. Las calderas modernas no usan riostras soldadas como se ve en la Figura 2.4b. Las riostras viejas tienen denominaciones como Huston, MacGregor y Scully, como se ve en la Figura 2.4a. Las riostras diagonales están colocadas para trabajar en tensión abrochando un extremo y después calentando la riostra antes de fijarla por el otro extremo. Una vez enfriada, la riostra está tensionada.

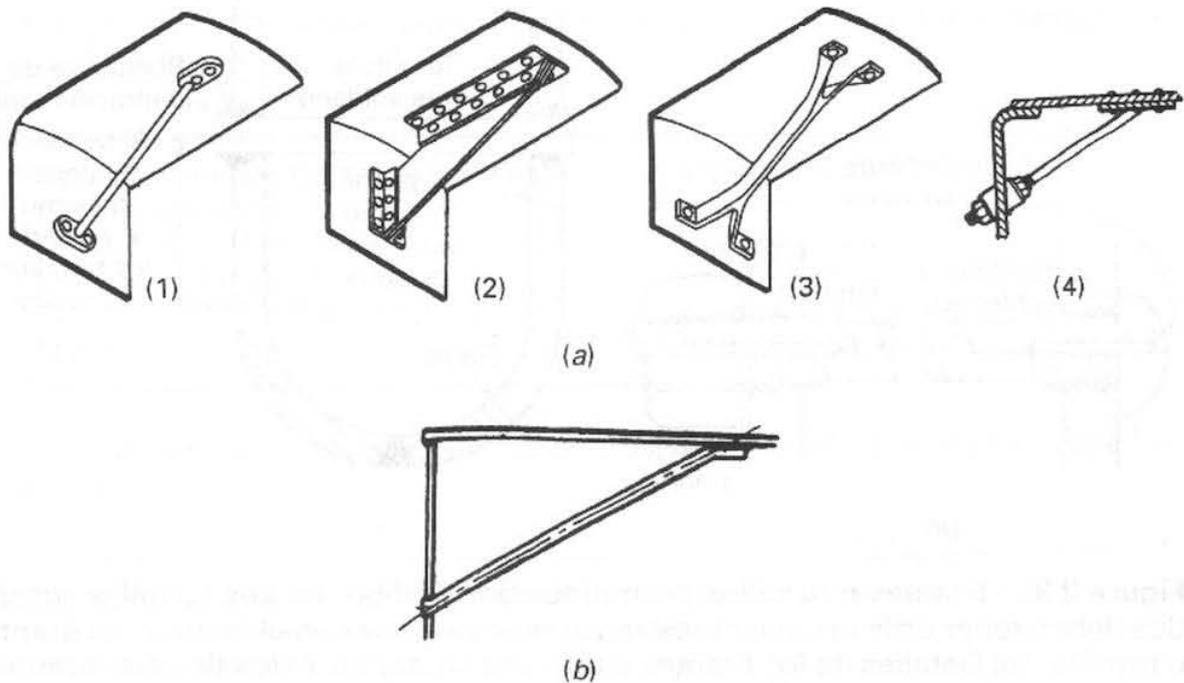


Figura 2.4. Arriostros o contrafuertes (riostros) usadas en calderas de tubos de humos. (a) Riostras remachadas en viejas calderas: 1) tirantillo o virotillo; 2) cartela remachada; 3) pie en x; 4) tirantillo roscado-soldado. (b) La riostra o tiranta en las calderas modernas requiere soldaduras de plena penetración en la chapa y plena soldadura penetrante en el pie.

La soldadura de las riostras diagonales debe cumplir las normas del Código. Entre los requisitos exigidos están:

1. Los puntos de soldadura tendrán un tamaño no menor de $1/8''$ (3,2 mm) y deben estar realizados por todo el perímetro alrededor de la riostra en contacto con la chapa.
2. No se permiten las soldaduras punteadas en toda chapa para las riostras diagonales. Como la Figura 2.4b muestra, se requiere penetración plena y soldadura continua.
3. Todas las soldaduras de riostras requieren tratamiento térmico posterior de eliminación de tensiones según el Código.

El sobrecalentamiento de las chapas de caldera normalmente producirá algún efecto sobre las riostras diagonales. Se verá que habrán combado o perdido su tensión residual. Las riostras diagonales estarán colocadas en posición antes de que los tubos se monten en la caldera. En orden a evitar la distorsión de la cabeza a través de la tensión de las riostras se colocan una o más barras de acero contra la chapa del cilindro a modo de viga, estando así la chapa soportada contra la tensión de las riostras hasta que algunos de los tubos están instalados. Esta viga se denomina contrafuerte.

El arriostro de la sección de chapa tubular por debajo de los tubos de la caldera HRT* y similares se ve afectado normalmente por las riostras frontales. Estas rios-

* De tubos de humos de retorno horizontal.

tras están conectadas fuera de la chapa trasera de cierre del cilindro que constituye la caldera. Los trozos finales de las riostras, normalmente en número de 2, pasan a través del frontal de la caldera con tuercas y arandelas exteriores. Normalmente están estanquizadas contra fugas mediante estrobos de empaquetadura metálica blanda de varios tipos debajo de las arandelas y carcasas exteriores.

La razón por la que las zonas finales de las riostras no pasan a través de la chapa, sino que están conectadas fuera desde el interior, es que el calor del fuego dañaría las tuercas y los finales roscados.

Agujeros de hombre y de servicio manual. El código ASME especifica que «toda caldera o pieza relacionada debe estar provista de agujeros de hombre adecuados, agujeros de mano, u otras aberturas de inspección para examen o limpieza, excepto los tipos especiales de caldera donde tales aberturas no son necesarias o útiles».

Un orificio o entrada de hombre se necesita en la parte superior o cabezal de las calderas pirotubulares de más de un metro de diámetro. Una abertura manual debajo de los tubos bastará para las calderas más pequeñas.

Si la caldera es de 48" (1.219 mm) de diámetro o mayor, se necesita un agujero de hombre en el cabezal frontal por debajo de los tubos. Se necesitará un agujero de hombre o de mano en esta posición en las calderas pequeñas. Cuando se utiliza el agujero de hombre en el cabezal frontal bajo los tubos, es preferible suministrar también un agujero manual en el cabezal trasero bajo los tubos, ya sea requerido por el código local o no. La eliminación de este agujero de mano trasero puede producir dificultades considerables para limpiar las superficies interiores más bajas de la caldera.

Nivel de agua. Los tipos de calderas de tubos de humos deben construirse para que la lectura más baja en el nivel de cristal esté al menos 3" (76,2 mm) por encima del punto más alto de los tubos de humos. Las calderas de tipo locomotora de 36" (914 mm) o menos de diámetro requieren al menos 2" (50,8 mm) por encima de los tubos, pero si tienen más de 36" (914 mm) de diámetro, precisan también 3" (76,2 mm) de nivel de agua por encima de los tubos.

Superficies calefactoras. En todas las calderas, las superficies de calefacción se miden en el lado que reciben el calor. Para las calderas pirotubulares, esto incluye una superficie de proyecto de tubos (diámetro \times longitud) y una superficie extra en la zona del hogar. Al computar las superficies calefactoras, sume las áreas de tubos, cajas de humos, chapa tubular u hogar y las zonas proyectadas de los cabezales expuestos a los productos de la combustión. Hay una excepción para las calderas verticales de tubos de humos que, por normativa del Código, requieren que sólo las superficies tubulares hasta la mitad del nivel de agua sean utilizadas al calcular su contribución a la superficie de calefacción.

El Código requería, antes de los cambios introducidos en 1995, de todo fabricante de calderas enteras, marcar con punzón la superficie de calefacción, excepto para las calderas eléctricas, donde se requiere la potencia eléctrica en kW. El estampillado requiere ahora que se debe señalar la máxima producción o capacidad de vapor en kg por hora para el combustible de diseño.

Tasas térmicas (calor desprendido). Las tasas de desprendimiento térmico elevadas en las calderas de hogar interior SM han provocado problemas en el hogar de las calderas y en la chapa tubular en el pasado. Esto fue debido a la competición entablada por unos fabricantes para suministrar una caldera de mayor capacidad a menor coste. Se utilizan dos tasas térmicas:

1. *Volumétrica* es la tasa térmica por unidad de volumen de hogar, y es la relación:

$$\frac{\text{Máximo caudal de combustible} \times \text{poder calorífico superior del combustible}}{\text{m}^3 \text{ de volumen del hogar}}$$

Valores guía recomendados:

Para combustibles líquidos: 35 MBTU/ft³; máximo 45 MBTU/ft³; o en unidades europeas: 326.667 kcalorías/m³; máximo 420.000 kcalorías/m³.

2. *Superficial (superficie radiante efectiva proyectada)* es la relación:

$$\frac{\text{Tasa térmica de combustible}}{\text{m}^2 \text{ de superficie radiante del hogar}}$$

Valores guía recomendados (nótese que algunas jurisdicciones tienen límites para esta relación):

Para combustibles líquidos: 180.000 BTU/ft² (504.000 kcal/m²).

Para combustibles gaseosos: 200.000 BTU/ft² (560.000 kcal/m²).

Los cálculos para estas líneas maestras de guía están hechos tomando la tasa térmica del combustible y dividiendo por el área del hogar normal al eje de la llama. Debe evitarse la incidencia directa de la llama sobre las superficies calefactoras de la caldera para cualquier carga de caldera.

Las calderas de tubos de humos, a causa de su diseño compacto, operación y marcha automática, así como su resultante mantenimiento reducido, tienen una esperanza de vida menor, en general, que la de las calderas de tubos de agua. Las expectativas de vida están afectadas por el sobrecalentamiento, subida de carga rápida así como cortes o enfriamiento rápidos y programas de tratamientos de agua pobres o inexistentes.

El registro de las temperaturas de salida de gases, especialmente en las calderas compactas SM es un método excelente para determinar si una caldera de diseño compacto está siendo recalentada o si es necesario limpiar las superficies de transferencia térmica por ensuciamiento en el lado de humos o por depósitos en el lado de agua. La temperatura de salida de gases debería registrarse cuando la caldera está nueva o después de una limpieza, para establecer las lecturas o valores dados por el fabricante. Un fabricante de calderas SM de hogar interior recomienda limitar las temperaturas de chimenea y, por ello, quemar a un máximo de 65 °C por encima de la temperatura del vapor o agua caliente.

La siguiente tabla puede usarse como referencia para registro de temperaturas de salida de gases de caldera.

Presión de vapor de caldera, kg/cm ²	Temp. máx. permitida en caldera pirotubular de hogar interior (Marina Escocesa) SM, °C
1,05	204
1,75	214
3,5	231
5,25	243
7	253
8,75	262
10,5	269
12,25	276
14	281
14,25	296
21	303

Para calderas de calefacción de agua caliente con temperatura máxima del ACS de 99 °C, la temperatura de gases en chimenea no debería exceder de 182 °C*.

Ratios de carga en calderas. Este término se utiliza como guía para constatar el rango de producciones sobre el cual una caldera puede operar automáticamente, pero manteniendo el rendimiento o eficiencia punta o próximo a él. En calderas compactas pirotubulares, una relación de 5:1 es normal, o una carga del 20 al 100 por 100 es la relación garantizada de rendimiento.

ANTIGUAS CALDERAS DE TUBOS DE HUMOS

Se dará una descripción breve de las calderas HRT (horizontales pirotubulares con retorno) calderas económicas y calderas de locomotora. Aunque estas calderas están siendo reemplazadas generalmente por calderas SM de hogar interior, los exámenes de licencia para operadores e inspectores pueden tener preguntas relacionadas con estas viejas calderas, porque algunas de ellas están utilizándose todavía.

Calderas tubulares de retorno horizontal

La caldera HRT (Fig. 2.5a y b) consta de una envolvente cilíndrica, hoy en día normalmente soldada, con tubos de igual diámetro que corren a lo largo de la envol-

* *N. del T.:* En España, para calderas de calefacción y ACS, la normativa ITIC coloca en 240 °C la temperatura máxima de salida de humos en chimenea, de forma que un pirostato corta el quemador si se sobrepasa esa temperatura para que se revise la anomalía antes de reencender el quemador.

ACS son las siglas de Agua Caliente Sanitaria.

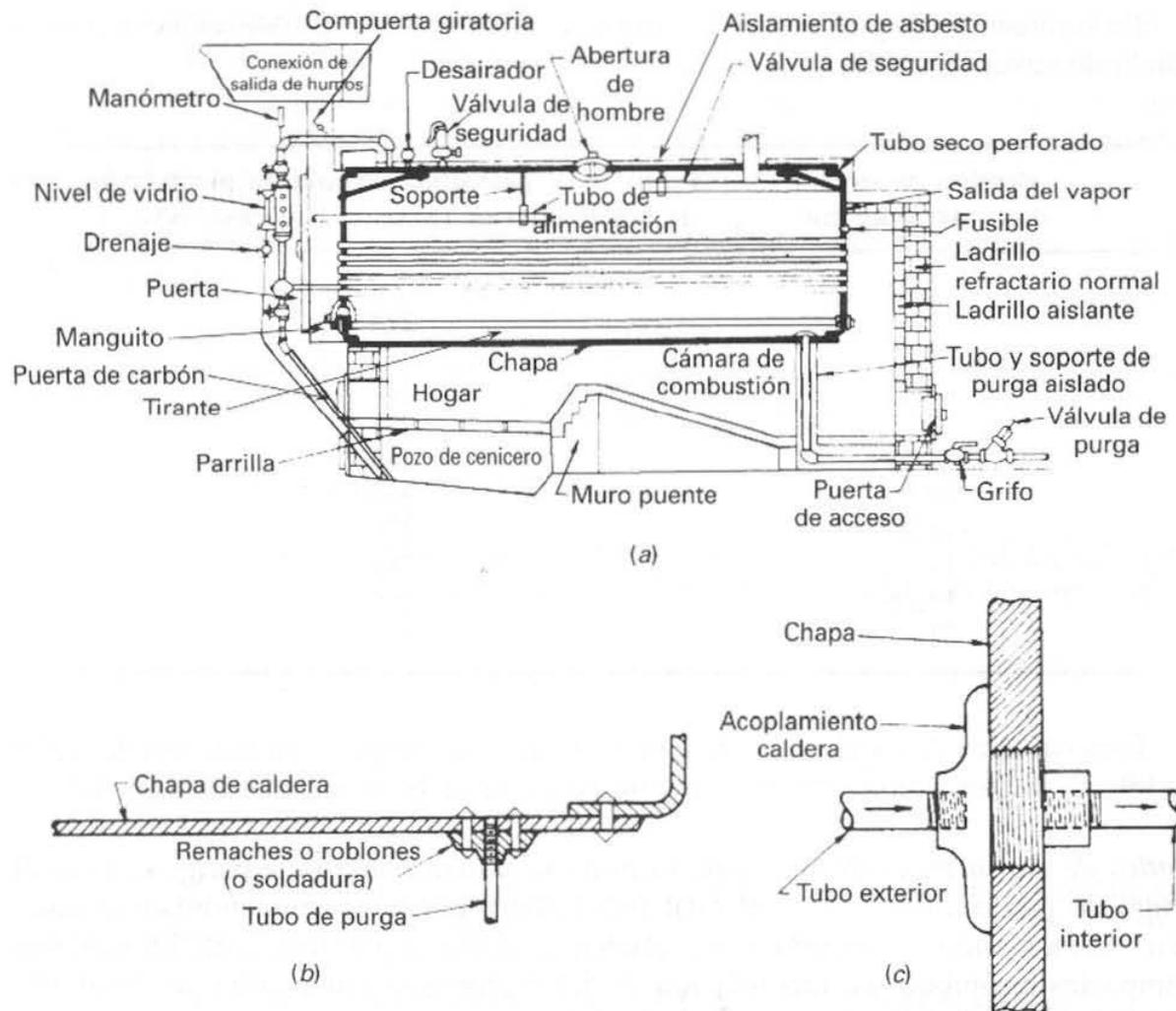


Figura 2.5. Detalles de caldera de tubos horizontales con retorno: (a) Componentes principales. (b) Conexión de purga que precisa refuerzo. (c) Detalles del acoplamiento y de la inserción tubo a través de la chapa de caldera.

vente y a través del volumen ocupado por el agua. El espacio o volumen por encima del nivel de agua sirve como separación y almacenaje de vapor. Un baffle o chapa separadora de agua (también llamado de tipo seco) se suministra normalmente cerca de la salida de vapor para obtener una sequedad del vapor mayor.

La caldera HRT es de construcción sencilla, tiene un bajo precio de coste y es un buen generador de vapor. Es más económica que los tipos de caldera tubular vertical o de locomotora, pero la caldera de hogar interior SM las ha reemplazado. Una desventaja es que los depósitos duros de incrustación son difíciles de arrancar de las superficies de agua de las filas de tubos principales. Otra desventaja es el peligro de quemado de las chapas que están justo encima del fuego o llama si hay depósitos o capas espesas de lodo del lado de agua sobre esta chapa de caldera. Pero estas dificultades de limpieza de incrustaciones de lodos son comunes para todas las calderas pirotubulares.

Las calderas tubulares horizontales no son muy prácticas en tamaños de chapa exterior de más de 96" (243,8 mm) de diámetro o para presiones que excedan de los 200 psi (14 kg/cm²). Las chapas gruesas o chapones para mayores presiones están

expuestas directamente a las llamas y se deterioraron muy rápidamente por el calentamiento, a causa de la pobre transferencia térmica al agua. Se podrían producir ampollas o bolsas en la chapa.

La hinchazón o embolsamiento de la chapa también es el resultado de la acumulación de lodos u otros sedimentos del agua depositados en el fondo de la chapa. Por esta razón, una caldera tubular de retorno horizontal deberá tener un picaje o tomo de 2,54 cm a 5,0 cm de la conexión de purga. Asimismo debe usarse una purga correcta y un tratamiento químico adecuado del agua para evitar depósitos o formación de sedimentos y para mantener una mínima proporción de sólidos disueltos*.

En las viejas calderas HRT, la línea de purga puede estar en el camino de los gases calientes y por ello debe protegerse del sobrecalentamiento. Un pilar o puente de refractario en forma de U, normalmente colocado enfrente del tubo de purga (resguardándolo), lo protege de los gases calientes. Si no estuviera convenientemente protegido, el tubo de purga podría fundirse bajo ciertas condiciones, drenar la caldera y, posiblemente, conducir a una seria explosión.

Conexión de purga. El tubo de purga no puede ser roscado sólo a la chapa, porque puede no haber suficiente número de roscas alojadas o pasos en la chapa en contacto para dar un soporte adecuado. En vez de ello, se remacha un soporte (o se suelda) a la parte inferior de la chapa y se atornilla el tubo de purga a este soporte o almohadilla (Fig. 2.5b).

El tamaño mínimo del tubo de purga para calderas de más de 10 HP (o de más de 9,3 m² de superficie de calefacción) debería ser 1" (25,4 mm). Un tamaño mínimo de 3/4" (19 mm) está permitido por la mayoría de los estados (en EE. UU.) para calderas de menor tamaño que el citado. El tamaño máximo de tubo de purga debería ser en cualquier caso de 2 1/2" (63,5 mm) de diámetro.

Véase la Figura 2.6 de la página siguiente. Este tipo de soporte estructural en perfilera de acero laminado se precisa en todas las calderas de retorno horizontal (HRT) de 72" (182,9 mm) de diámetro y mayores, ya que los muros de refractario no pueden soportar este peso tan elevado. En las calderas viejas, el recubrimiento o unión entre chapas estaba coronado con remaches o roblones diseñados con un factor de seguridad de 12,5. Pero si la unión era soldada, todos los cordones de soldadura se requerían íntegros (no por puntos) y esta soldadura debía estar descargada de tensiones residuales en calderas de alta presión. No se requería radiografía.

Entrada de agua de alimentación. El agua de alimentación debería entrar por la parte superior de la virola o chapa o por la zona frontal, y debería descargar fuera de toda zona de cordones o soldaduras o zona de caldera expuesta a la radiación o a temperaturas elevadas.

Si la caldera es de más de 40" (101,6 mm) de diámetro, llevará una entrada de hombre por encima de los tubos. Así, el tubo de alimentación debería entrar a través de una pieza de acoplamiento de caldera (Fig 2.5c). Una prolongación interior del tubo debería hacer la descarga de agua aproximadamente a 3/5 de la longitud de la

* *N. del T.*: Lamentablemente en España, la costumbre entre los usuarios de estas calderas pequeñas y medianas es *no tratar el agua* y que la caldera dure menos tiempo, pues cuando se rompe se compra otra nueva en vez de adquirir un equipo de tratamiento de agua.

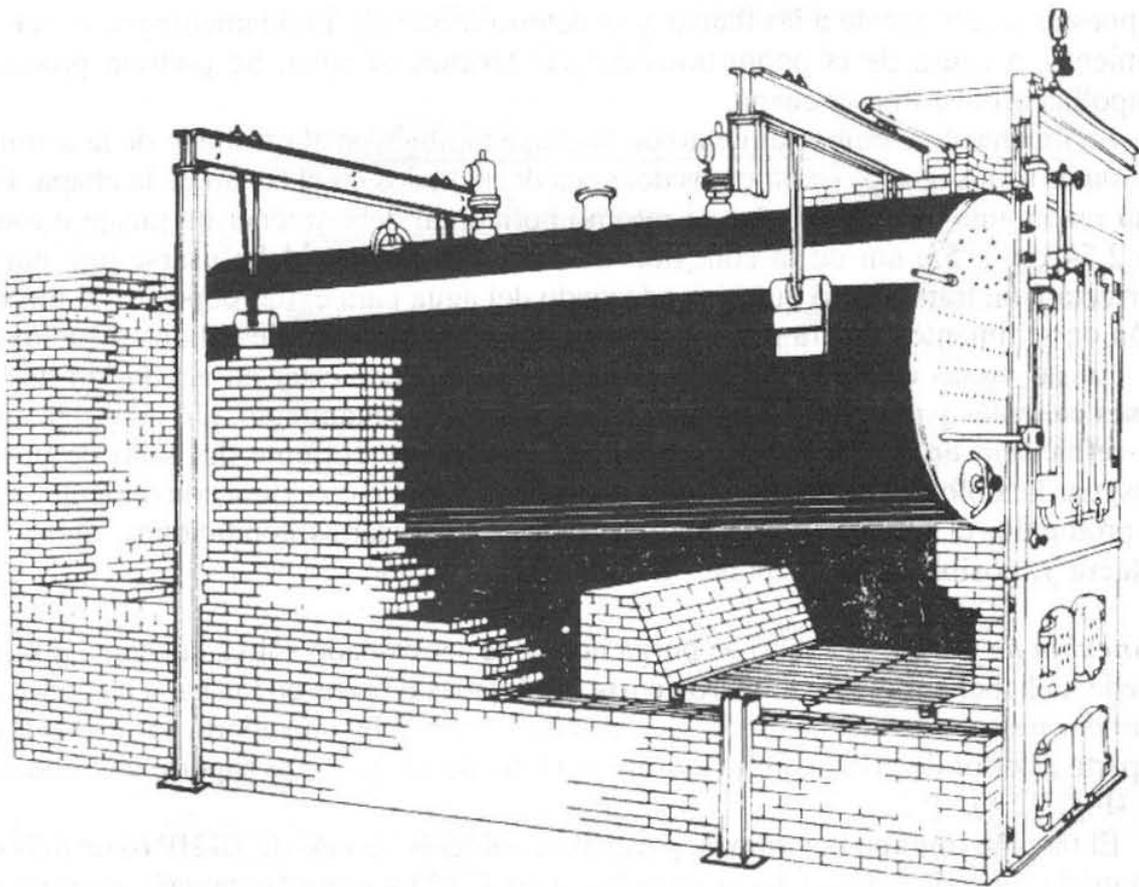


Figura 2.6. La caldera HRT, de 72" (183 cm) de diámetro y mayores, tiene que ser soportada por una estructura de acero independiente de las paredes de refractario, debido al elevado peso. (*Cortesía de Power magazine.*)

caldera a partir de la zona final más caliente, normalmente desde el frontal o frente de caldera, de forma que los sólidos que hay en el agua de alimentación no precipiten sobre la chapa frontal, donde podrían producirse daños por sobrecalentamiento.

Las restricciones circulatorias en las calderas HRT no son comunes, aunque son posibles si se depositan capas gruesas de depósitos y bloquean el espacio entre tubos. En tales casos es probable que el daño resultante pudiera ocurrir en la caldera por recalentamiento y como consecuencia de la falta de circulación en las zonas afectadas.

Tasas de producción. El medio o la forma convencional de tasado de una caldera es de acuerdo a su superficie calefactora. La mayoría de las autoridades aceptan la norma de 10 pies cuadrados ($0,929 \text{ m}^2 \simeq 1 \text{ m}^2$) de superficie calefactora por HP* de caldera. La superficie calefactora (de agua) de este tipo de calderas se toma como una mitad del área de la chapa más el área total de todos los tubos, basada en su diámetro interior, más dos tercios del área libre del tubo menos el área o superficie agregada de los agujeros u orificios de los tubos.

* *N. del T.:* 1 HPh = 273.446 kgm o 641,18 kcal o 0,75 kWh.

O bien: 1 kWh = 1,36 CVh = 1,34 HPh. 1 HP = 0,75 kW

$$SH = \frac{(L \times \frac{1}{2}\pi D) + (N \times d \times \pi \times l) + (0,5236D^2 - N \times 0,7854d^2)}{144}$$

donde L = longitud de la chapa de caldera expuesta a los gases de combustión, en pulgadas.

D = diámetro de la chapa o virola, en pulgadas.

N = número de tubos.

l = longitud de los tubos, en pulgadas.

d = diámetro interior del tubo, en pulgadas.

SH = superficie calefactora (del agua), en pies cuadrados*.

El área de chapa frontal de los tubos debe despreciarse, ya que la temperatura de los gases es generalmente baja para producir mucha evaporación en este punto. Un décimo de este resultado será la potencia en HP a 100 por 100 de carga. El equivalente en evaporación de 1 HP de caldera, 34,5 libras/hora (15,63 kg/hora) de vapor con el agua de alimentación a 212 °F (100 °C), puede excederse si se fuerza la caldera a una producción mayor que la hallada por la norma de la superficie calefactora, pero hasta aproximadamente 125 al 160 por 100 es la limitación práctica normal para este tipo de calderas. Forzando la caldera por encima de este límite puede haber problemas y por ello no es recomendable, sino más bien todo lo contrario.

Inspección. Por estar expuesta la chapa o virola de hogar al fuego, una caldera de hogar interior precisa unos cuidados e inspecciones para descubrir y evitar depósitos, ampollas e hinchazones de chapa.

Durante una inspección, algunas de las zonas a inspeccionar cuidadosamente, en una caldera de hogar interior, son las siguientes: interiormente, en la zona superior de los tubos, comprobar el picado y la corrosión. Mirar en las juntas de cabezales, virolas, cabezas de remaches o cordones rotos, soldaduras, remaches y tubos. Comprobar los asientos o uniones para evitar grietas, poros, remaches rotos y adelgazamiento de chapa en la zona de nivel de agua de la virola exterior. Comprobar las riostras para probar su consistencia y tensión adecuadas. Examinar el tubo interior de alimentación de agua para probar su consistencia y la de su soporte y comprobar que no esté parcialmente obstruido. Comprobar las conexiones de las columnas de agua, válvulas de seguridad y manómetro para ver si están obstruidas por depósitos. También comprobar la virola y superficies tubulares para ver si tienen depósitos. Seguir el mismo proceso interiormente por debajo del haz tubular. Después comprobar la abertura para las conexiones de purga y asegurarse de que la parte inferior de la virola está inclinada hacia la purga y que no hay ampollas ni hinchazones.

Exteriormente, retirar los conectores de los manguitos de las conexiones de agua y asegurarse de que están libres de depósitos y óxido. Examinar la tubuladura de purga y su asiento o conexión y asegurarse de que el tubo está protegido del fuego directo, que el tubo es sólido y que las válvulas de purga están en buen estado. Examinar los extremos de los tubos y roblones o soldaduras para detectar grietas y adelgazamientos del espesor de pared del tubo (tubos) en la chapa a la que están

* Equivalencias: 1" = 2,54 cm; 1 pie cuadrado = 0,0929 m²; 1 m² = 10,7642 pies cuadrados.

conectados. Comprobar la inexistencia de grietas causadas por la llama alrededor del asiento circunferencial y para detectar fugas en los bordes de los remaches. Después examinar el asiento y los soportes para ver su solidez.

Caldera económica

La caldera de tipo económico (Fig. 2.7) fue una adaptación de la caldera HRT que da algo más de superficie de calefacción por metro cuadrado de espacio ocupado en planta. Una ventaja adicional es que la cantidad de ladrillo refractario y obra es mucho menor ya que la caldera es autoportante en su armazón. Las zonas delantera y trasera están soportadas por unas curvas o castilletes bajo la virola. Las calderas de este tipo pueden transportarse como una unidad con las paredes del hogar en su posición encastradas en un armazón de acero. Los principios de construcción, conexiones de tubos y circulación son esencialmente los mismos que los de la caldera HRT. También las limitaciones prácticas de presión y capacidad son similares.

Si la sección de la virola es oval, la superficie plana a cada lado (lateral) requiere arriostamiento como superficie atirantada. Este requisito se cumple por medio de tirantes que pasan entre las filas horizontales de tubos de lado a lado. Los finales de

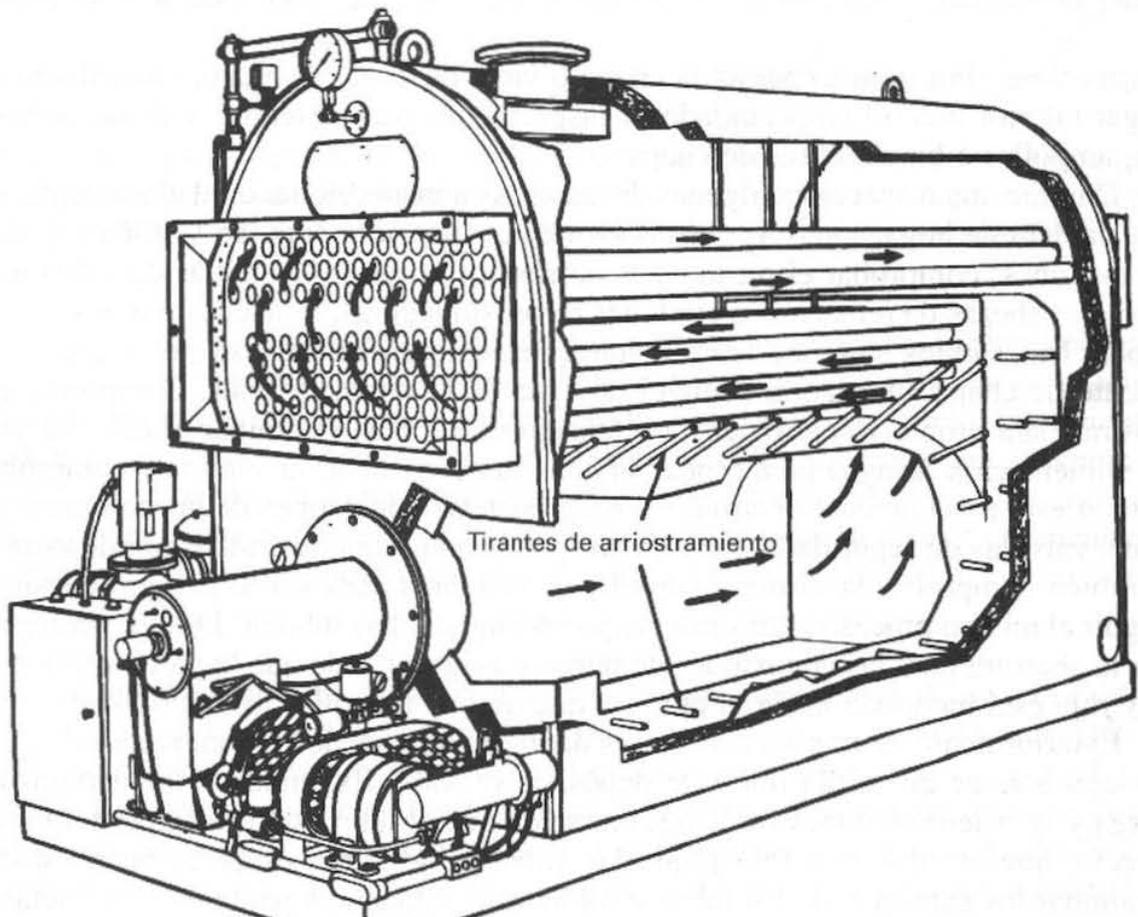


Figura 2.7. Caldera pirotubular del tipo económico, de tres pasos con chapa, bóveda y superficies arriestradas.

estos tirantes están remachados (roblonados) exteriormente. El paso y tamaño de estos tirantes se calculan por el mismo método que para los arriostramientos diagonales de una caldera HRT.

En la caldera económica, el fusible, si se utiliza, se sitúa en el cabezal o cara trasera. Si la distancia entre la fila superior de tubos y la parte superior de la virola es más de 13" (330 mm) el fusible debe estar al menos a 2" (50,4 mm) por encima de la fila superior de tubos. De otro modo, puede estar colocado no más bajo que la parte superior de la última fila de tubos.

Calderas-hogar de locomotora

Véase la Figura 2.8 de la página siguiente. Como los tipos de caldera vertical tubular y marina escocesa, la caldera con caja de fuego (hogar) de locomotora es una unidad pirotubular con los gases por el interior de los tubos de humos, pero su virola de chapa es horizontal y el hogar no está contenido dentro de la parte cilíndrica de la caldera. El hogar o caja de fuego es rectangular con una parte superior curvada conocida como bóveda. Esta bóveda de chapa está soportada por riostras radiales atornilladas a la bóveda y a la chapa exterior. Los extremos de las riostras están roblonados. Las chapas internas del hogar están arriostradas a las chapas exteriores por tirantes o virotillos. El espacio entre estas chapas se llama caja de agua. Los tubos de humos están dentro de la virola y se extienden desde la chapa del hogar hasta la chapa de la caja de humos delantera de la virola. Este cabezal en la caja de humos se forma por extensión de la virola más allá de la chapa de arriostramiento de los tubos de humos.

La chapa frontal del hogar encima de la bóveda y la chapa encima de los tubos de humos están soportadas con riostras verticales. En algunos casos se usan también riostras diagonales para este propósito. El domo de vapor suministra espacio adicional de almacenaje de vapor y permite tomar la salida principal de vapor a una altura considerable por encima de la línea de nivel de agua, reduciendo así la posibilidad de arrastre de agua con el vapor. El espacio de vapor se extiende sobre el hogar y la virola cilíndrica, que normalmente lleva tubos de 3" (76,4 mm) de diámetro. Todos los tubos son de diámetro y longitud iguales.

Es cierto que para la mayoría de las calderas de tubos de humos interiores, algunos espacios o cajas de agua son muy difíciles de limpiar, bien sea mecánica o manualmente. También la caldera de locomotora y su hogar especial están limitados en cuanto a presión y capacidad, al igual que la caldera HRT.

Cajas de agua. El espacio de agua entre las chapas exteriores y las chapas del hogar se conoce como caja de agua y se utiliza en todos los hogares de calderas horizontales o verticales que tienen este tipo de construcción del hogar. Las chapas interior y exterior están abrochadas conjuntamente en la parte inferior bien con un anillo de codo o con un embridamiento en talón (véase la Figura 2.9 de la página 63). Esta última disposición es más cara, pero normalmente es más satisfactoria, porque es más fácil de mantener limpia. Una desventaja inherente a la brida en talón es que la acción alternativa debida a la expansión (dilatación) y contracción del hogar puede causar tensiones de fatiga y rotura. La construcción más moderna haría un embridado de la chapa interior y exterior conjuntamente y las soldaría a tope,

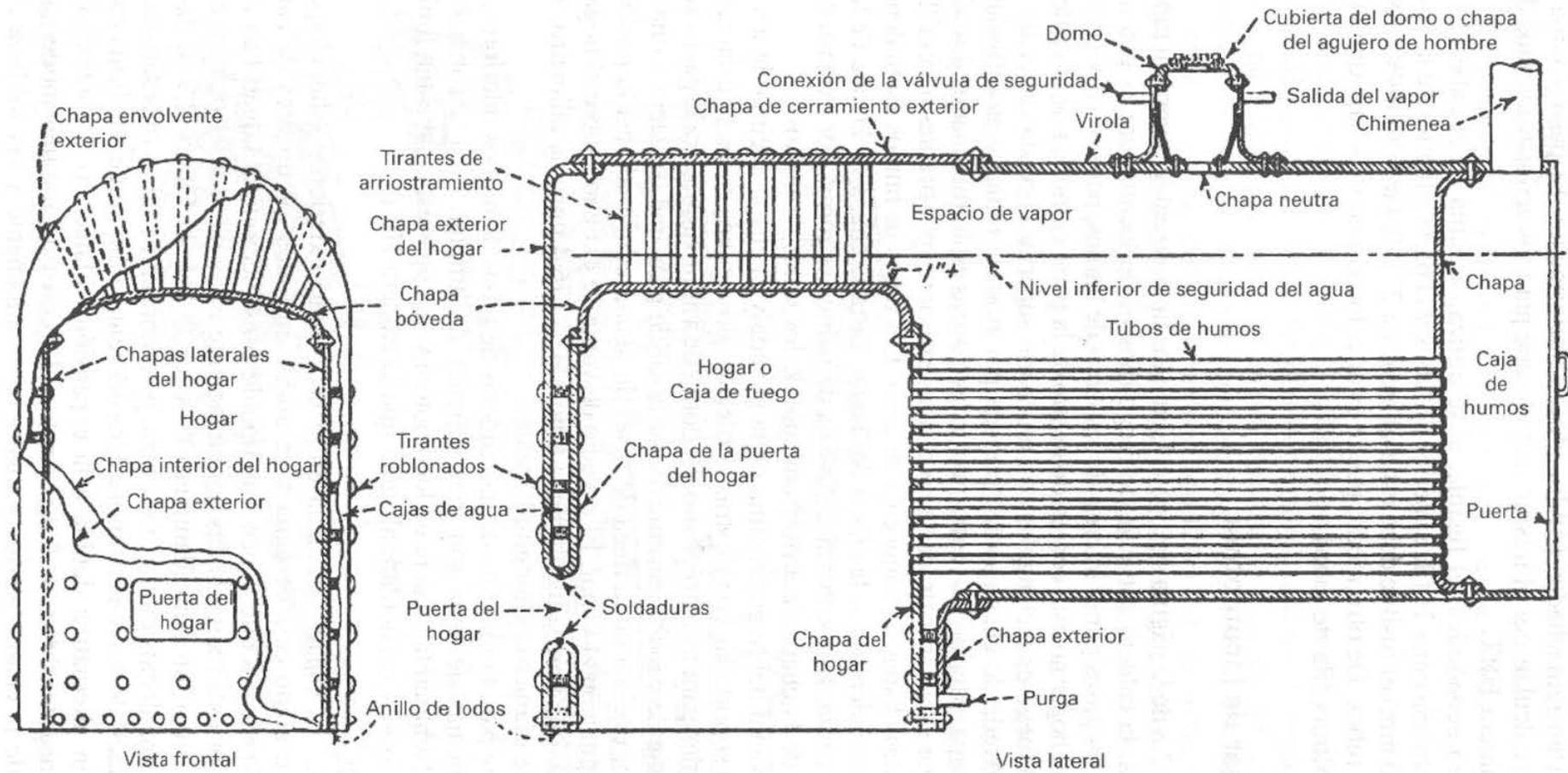


Figura 2.8. Caldera de locomotora mostrando los nombres de los componentes. No se muestra el arriostamiento de la chapa de los tubos de humos a la virola por las riostras diagonales para reforzar la zona encima de los tubos.

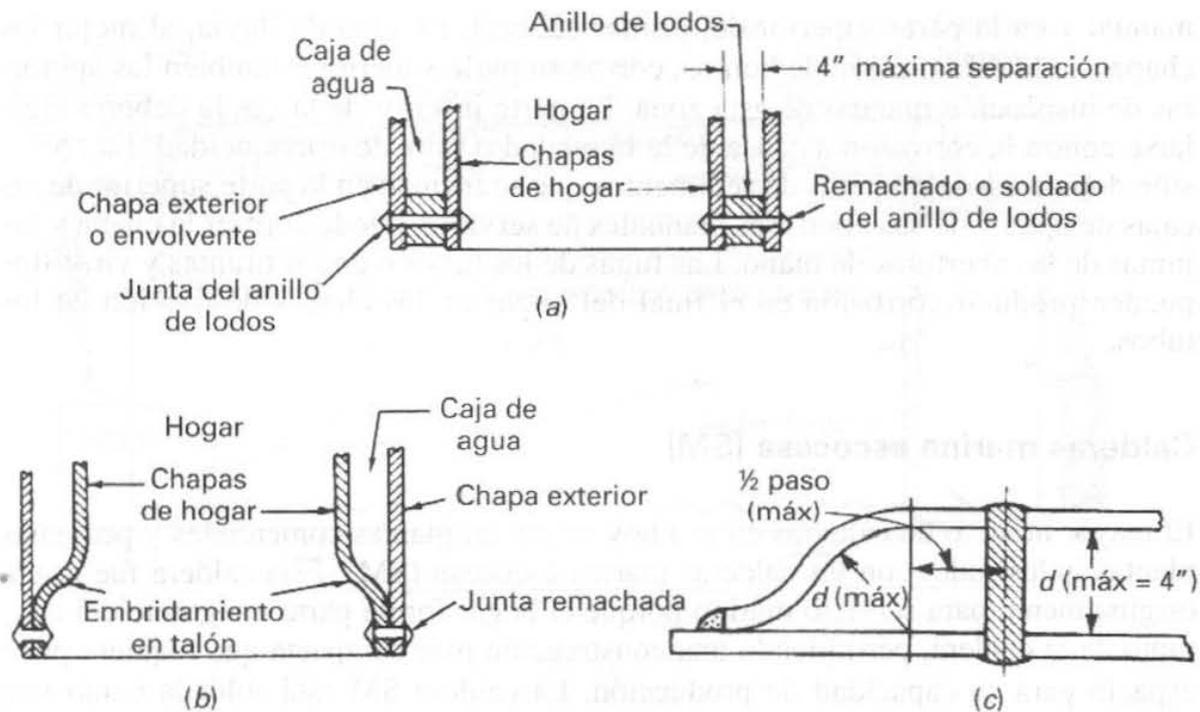


Figura 2.9. Detalles constructivos de la parte interior de las cajas de agua. (a) Cierre tipo anillo de lodos. (b) Brida en talón roblonada. (c) Cierre embrindado en talón con soldadura.

como se ve en la Figura 2.3. La mayoría de las calderas de locomotora están equipadas con domo de vapor porque así se delimita el espacio de vapor y la superficie del agua y queda más espacio para que el caudal de vapor se separe de las gotitas de agua como es deseable. Un servicio adicional para el domo de vapor en el servicio ferroviario es alojar la válvula de salida de vapor. El domo de vapor está instalado normalmente con su junta vertical en una de las caras laterales del domo y éste, por supuesto, sobre un lado de la virola de la caldera. Así, el asiento longitudinal del domo no tendrá que estar embridado tan puntualmente.

Es importante proteger la chapa del hogar del recalentamiento en el anillo inferior de lodos. También las partes inferiores de las cajas de agua pueden llenarse con sedimentos y esta zona, por tanto, también deberá ser protegida.

En las instalaciones llevadas manualmente, la parrilla está por encima de esta zona. Pero con el calentamiento o alimentación mecánica, deberá construirse un muro de refractario unos 6" (150 mm) por encima del anillo de lodos por todos los lados del hogar.

Inspecciones. Debido a la corrosión interna, hay que comprobar: 1) línea de nivel de agua y fila superior de los tubos a causa del oxígeno y otras impurezas dejadas por el agua al hervir; 2) parte superior de la bóveda, sobre todo alrededor de los finales de los tirantes y virotillos radiales; 3) cajas de agua a causa del oxígeno y de la presencia de sedimentos corrosivos; y 4) parte superior de la virola donde tiene lugar el picado si la caldera se deja fuera de servicio sin tomar las precauciones adecuadas.

La corrosión externa sobre el hogar de una caldera de locomotora debería vigilarse especialmente en las chapas próximas y alrededor de las aberturas de maniobra

manual y en la parte superior del primer cabezal. El agua de lluvia, al mojar las chapas de la caja o cajón de humos, corroe su parte superior y también las aperturas de inspección manual de esta zona. La parte inferior de la virola debería vigilarse contra la corrosión a causa de la humedad o falta de estanqueidad. La corrosión debida a los depósitos de sedimentos que se forman en la parte superior de las cajas de agua y de sus aberturas manuales de servicio, puede corroer la chapa y las juntas de las aberturas de mano. Las fugas de los tubos o de los tirantes y virotillos pueden producir corrosión en el final del hogar en las chapas de fijación de los tubos.

Calderas marina escocesa (SM)

El mayor número de calderas en uso hoy en día en plantas comerciales y pequeñas plantas industriales son las calderas marina escocesa (SM). Esta caldera fue usada originalmente para servicio marino porque el hogar forma parte integrante del conjunto de la caldera, permitiendo una construcción más compacta que requiere poco espacio para su capacidad de producción. La caldera SM está soldada como una unidad compacta que consta de una vasija o recipiente de presión con quemador, controles, ventilador de tiro, controles de tiro y otros componentes ensamblados en una unidad completamente probada en fábrica. La mayoría de los fabricantes prueban sus modelos como un conjunto solidario antes de su expedición y transporte a su destino; básicamente entregando un producto que está prediseñado y listo para una conexión e instalación rápida a los servicios de agua, electricidad y combustible. Algunos fabricantes dan un servicio de puesta en marcha como parte del precio de compra. Un especialista entrenado en fábrica pone en marcha la unidad, reajusta los controles, comprueba la unidad en marcha, hace los ajustes necesarios y enseña al operador para que no tenga problemas con el control.

La caldera SM (de hogar interior y tubos de humos) está construida como un hogar de paredes húmedas, como se muestra en la Figura 2.10*b*, o de pared trasera de fondo seco, mostrada en la Figura 2.10*a*. Esta caldera es una adaptación a la práctica estacionaria de la bien conocida caldera escocesa de fondo húmedo. Consta de una virola o chapa cilíndrica exterior, un hogar, chapas frontal y trasera de haz tubular y chapa bóveda. Los gases calientes del hogar pasan desde la cámara de combustión con revestimiento refractario hacia la parte trasera (a veces construida sobre una placa o chapa fija o removible) y entonces retornan a través de los tubos de humos hasta el frontal de la caldera y después a la chimenea. Esta caldera es adecuada para combustión de carbón, gas y combustibles líquidos derivados del petróleo.

En el diseño de pared trasera húmeda (Fig. 2.10*b*), la construcción de la virola, tubos y hogar es similar al del tipo de pared trasera seca, pero la cámara de combustión, al estar instalada dentro de la virola, está rodeada de agua. Así no es necesario ningún refractario exterior ni la cámara de combustión. La parte trasera del tipo seco es de vaporización rápida a causa de su gran superficie de calefacción. Es también compacta y de fácil embalaje y muestra una economía francamente buena.

El hogar interior está sometido a esfuerzos de compresión y, por tanto, debe diseñarse para resistirlos. Los hogares, de relativamente pequeño diámetro y corta

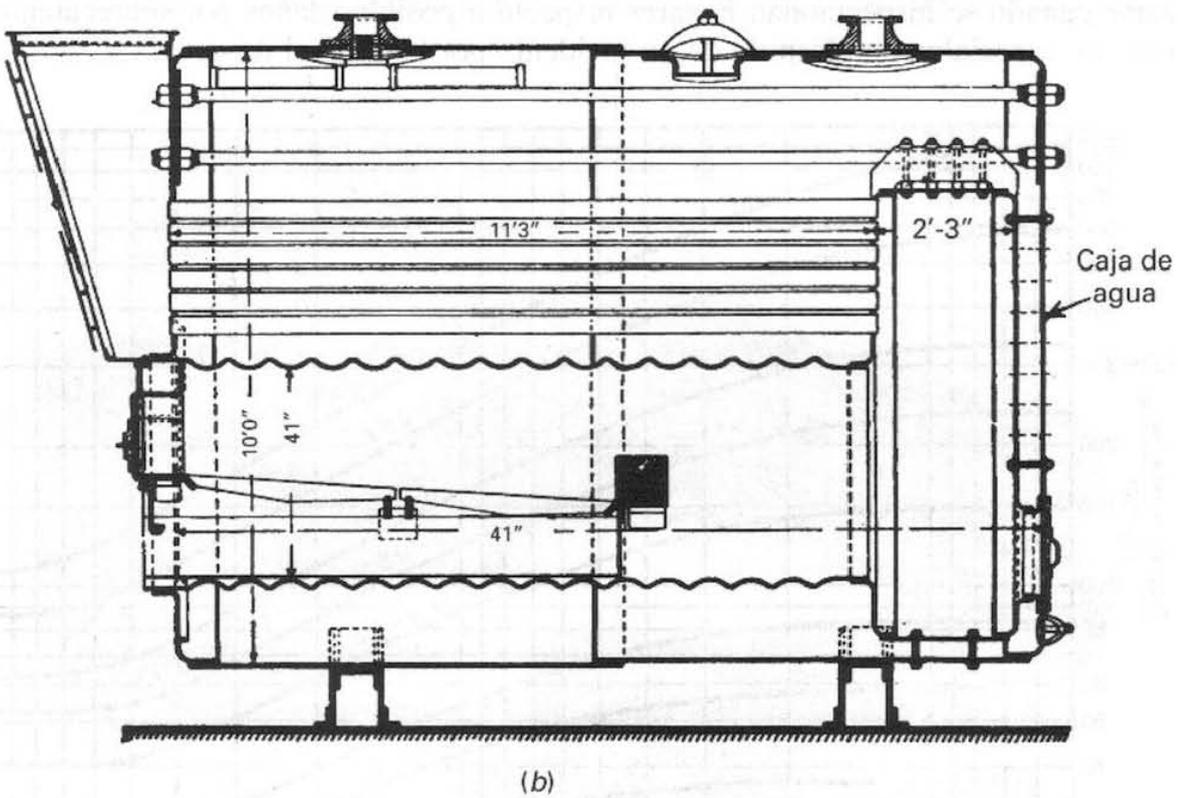
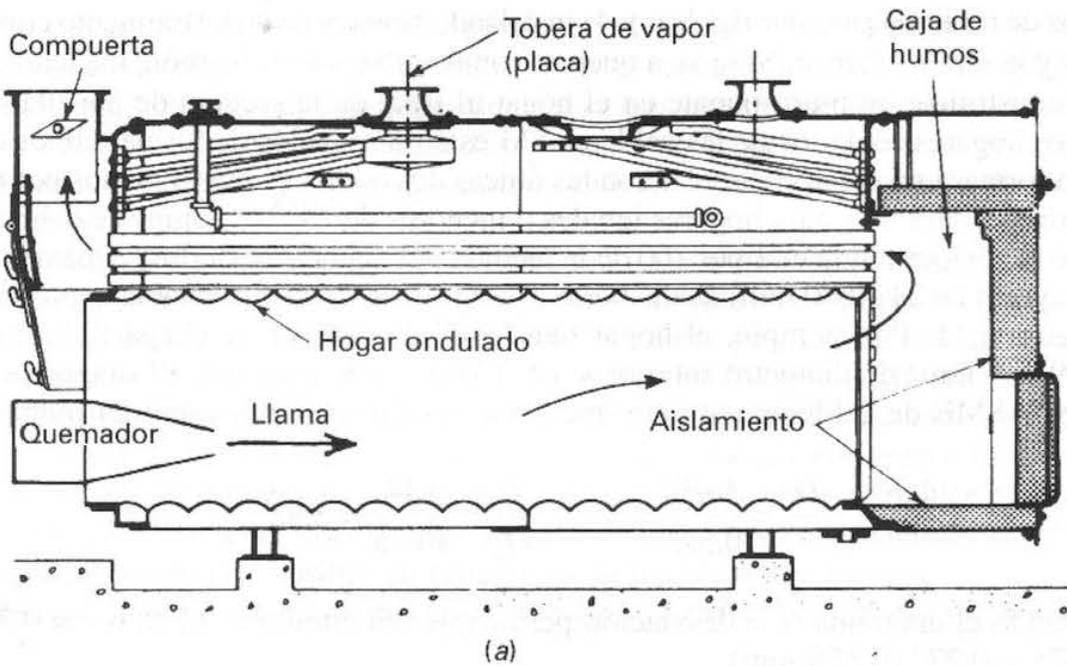


Figura 2.10. Caldera SM de hogar interior corrugado. (a) Tipo trasera seca. (b) Tipo trasera húmeda.

longitud, pueden ser auto-soportados si el espesor de chapa es el adecuado. Para hogares grandes, debe utilizarse uno de estos cuatro sistemas o métodos de soporte: 1) paredes del hogar ondulado corrugadas; 2) por división de la longitud del hogar en secciones con bridas de refuerzo (anillos Adamson) entre las secciones; 3) utilizando

anillos de refuerzo para dar rigidez; y 4) instalando tirantes de arriostamiento entre el hogar y la virola exterior. Si se va a quemar combustible sólido (carbón, madera, etc.) debe construirse un muro-puente en el hogar al final de la sección de parrilla.

Los hogares soldados de las calderas SM están laminados de forma cilíndrica y deben formar una sección circular con las únicas desviaciones más o menos permitidas por el Código: 1) para hogares iguales o menores de 24" (610 mm) de diámetro, la desviación permitida es 1 por 100 de la medida del diámetro exterior; 2) para hogares mayores de 24" (680 mm) de diámetro exterior debe utilizarse la tabla o gráfico de la Figura 2.11. Por ejemplo, el hogar tiene 3/8" de espesor de chapa (9,53 mm), 36" (914,4 mm) de diámetro interior y 12" (3,65 m) de longitud. El diagrama del código ASME de calderas requiere que todas las dimensiones estén en pulgadas:

$$\frac{D_o}{t} = \frac{36,75}{0,375} = 98 \quad \frac{L}{D_o} = \frac{144}{36,75} = 3,92$$

Utilizando el diagrama, e = desviación permisible del círculo = $0,72t$, o $e = 0,72 \times 0,375 = 0,27''$ (6,858 mm).

Esta guía del Código para la circularidad del hogar en calderas SM puede utilizarse cuando se inspeccionan hogares respecto a posibles daños por sobrecalentamiento, especialmente después de un incidente por bajo nivel de agua.

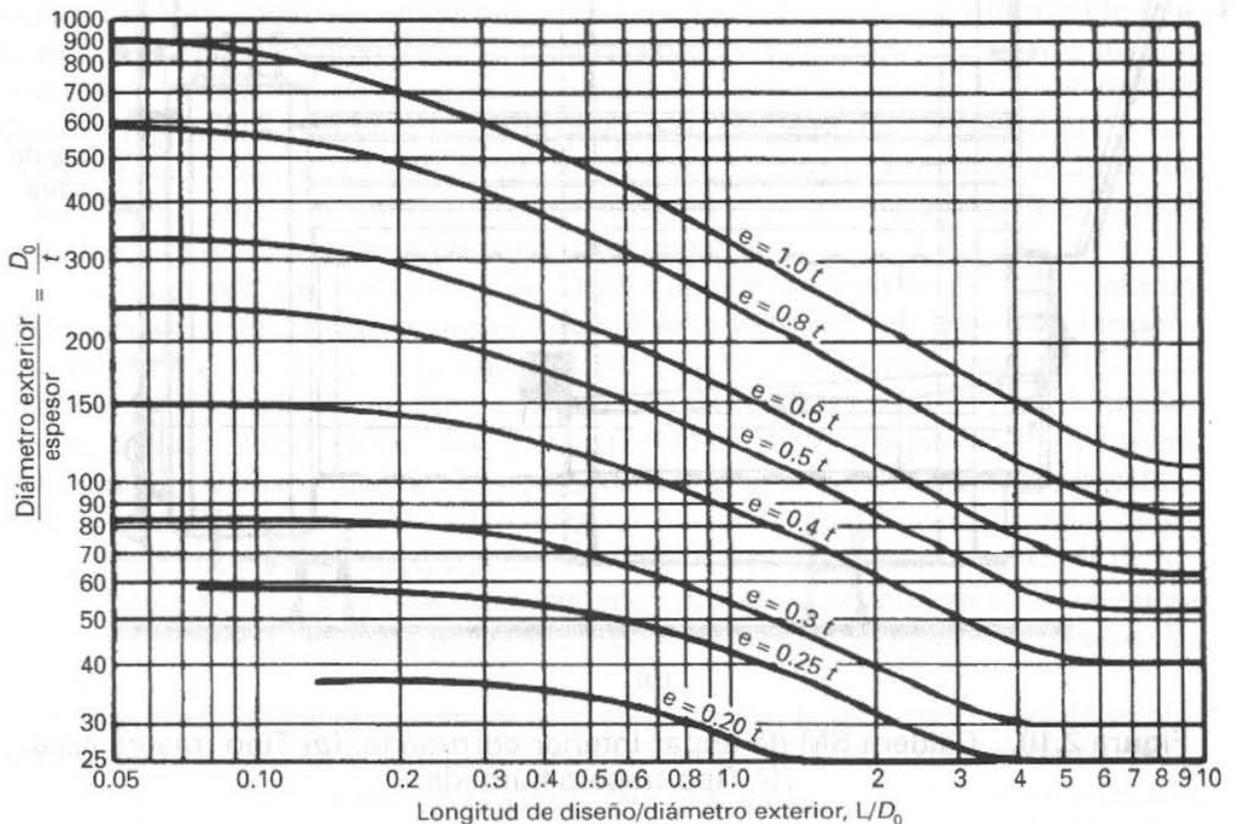


Figura 2.11. Sección I del código ASME. Diagrama para determinar la máxima desviación para un hogar circular, donde: t = espesor para el hogar, D_o = diámetro exterior del hogar, L = longitud del hogar. (Cortesía de American Society of Mechanical Engineers.)

La caldera SM de hogar interior puede ser, con mucho, la más grande en diámetro de las calderas pirotubulares, construyéndose hasta de 15' (4,57 m) de diámetro. Debido a que el área del segmento de cabeza por encima de los tubos es grande, deben extenderse las riostras diagonales, ya que si no debería tomarse un gran número de ellas. En vez de ello, es costumbre utilizar un número pequeño de tirantes transversales de 2 a 3" (50,8 a 76,2 mm) de diámetro.

En calderas de diámetro grande, es práctico utilizar más de un hogar. Dos, tres o incluso cuatro hogares se utilizan en las grandes calderas de este tipo. La Figura 2.12 es una vista en corte seccional de un modelo de cuatro pasos. Esta unidad mantiene una velocidad de gases alta de manera continua. Como los gases calientes atraviesan los cuatro pasos, como se ve en la Figura 2.13 de la página siguiente, transfieren calor al agua de la caldera y así se enfrían y ocupan menos volumen a medida que progresan por los diferentes pasos de tubos. El número de tubos se reduce proporcionalmente para mantener la velocidad elevada de los gases y así mantener la producción lo más constante posible en función de la transferencia térmica.

Mejor cuantos más pasos de gases puedan utilizarse; hoy en día 4 es el límite práctico.

El hogar de una caldera SM puede proporcionar hasta 65 por 100 de la producción de la caldera incluso cuando puede tener sólo del 7 al 8 por 100 de la superficie

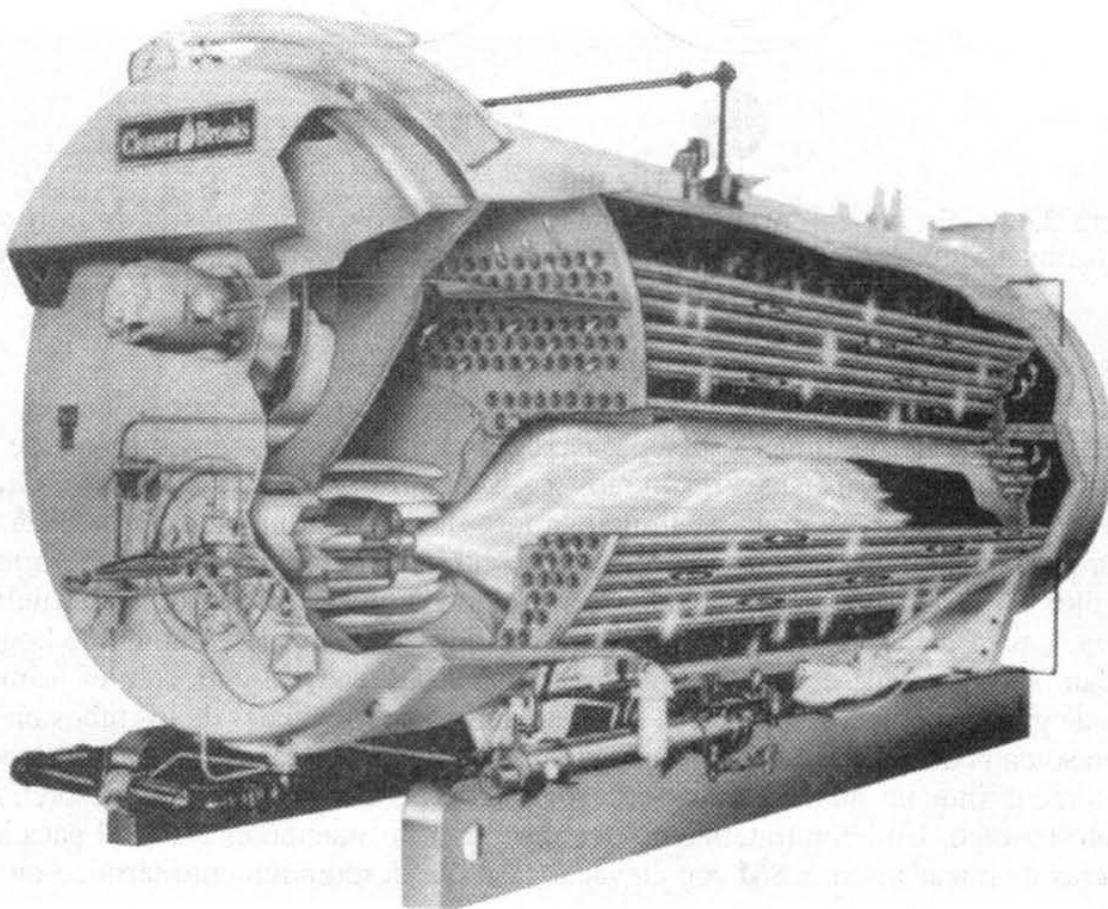


Figura 2.12. Caldera de hogar interior SM de cuatro pasos. (Cortesía de Cleaver-Brooks Co.)

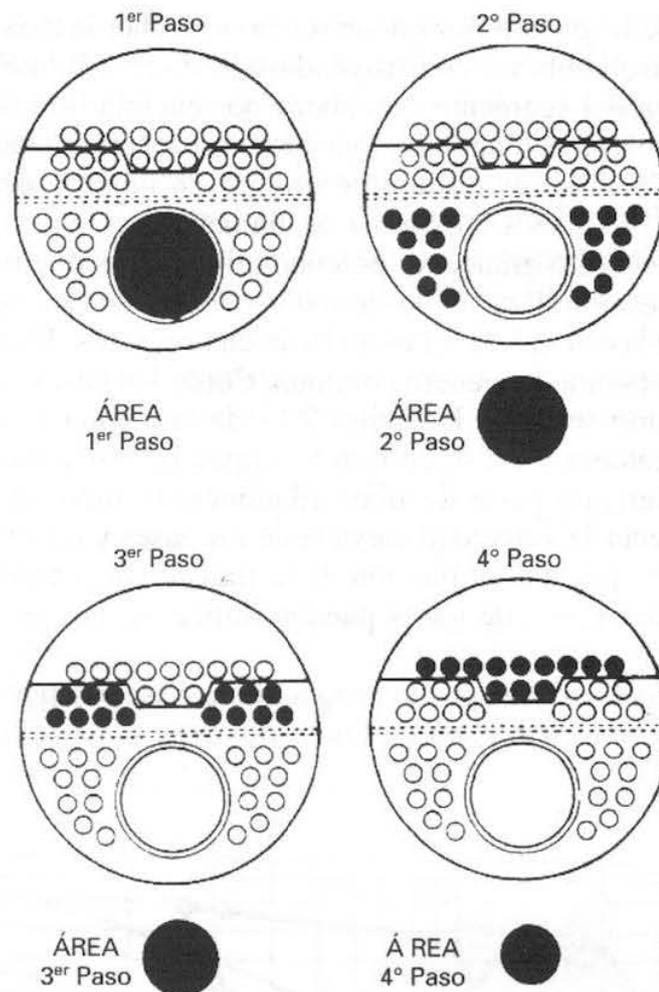


Figura 2.13. En las calderas de hogar interior SM de varios pasos de humos, los tubos recuperan calor de los gases enfriándolos y ocupando así menos volumen. (Cortesía de Cleaver-Brooks Co.)

calefactora total. En el hogar, la mayoría del calor se transmite por radiación. El hogar debería tener volumen suficiente para permitir la combustión completa de la mezcla combustible-aire antes de que los gases alcancen los pasos de humos. Gran parte de los diseñadores trata de limitar la tasa de desprendimiento térmico en el hogar por debajo de las 150.000 BTU/hora/pie cúbico (1.334.939 kcalorías/hora/m³) de volumen de hogar; de otro modo, la relación de aire a combustible se vuelve crítica. Las tasas por encima de 1.350.000 kcalorías/hora/m³ de volumen de hogar puedan ocasionar que el combustible esté todavía ardiendo al entrar en el primer paso de gases, y esto a su vez puede originar roturas de los finales de los tubos en la unión soldada del tubo con las placas o chapas de anclaje de tubos. Cualquier depósito o recubrimiento puede agravar esta rotura con las tasas elevadas de desprendimiento térmico. Un buen tratamiento del agua de alimentación es esencial para las calderas de hogar interior SM con elevadas tasas de desprendimiento térmico en el hogar.

Existe también el problema de la corrosión en el lado de fuego cuando se utilizan combustibles con contenido de azufre. La corrosión puede ocurrir cuando las tempe-

raturas de chapa o tubo caen por debajo del punto de rocío ácido. El apagado y encendido del quemador requiere normalmente la purga del hogar, y esto puede también producir gradientes térmicos en la caldera que pueden originar roturas por los efectos de dilatación y contracción.

Los diseños compactos también tienden a hacer menos accesibles las superficies para inspección y limpieza. Así, las tasas elevadas de transferencia térmica pueden fácilmente producir recalentamiento, especialmente si la transferencia está forzada. Véase la Figura 2.14. Esto da como resultado pérdidas de los tubos en las placas tubulares, roturas o grietas por las soldaduras en las uniones placa-tubo, grietas en las soldaduras en las zonas de alta densidad térmica, hogares con ampollas en la chapa y bajada del nivel de agua. Incluso más peligroso es la credibilidad total de los controles automáticos en la seguridad del ciclo de la caldera, sin un control o comprobación periódica de: 1) condiciones y estado de los contactos eléctricos; 2) conexiones eléctricas; 3) conexiones o uniones de la columna de agua; 4) inmersión y acción de la presión en el lago de agua sobre los controles sumergidos; 5) desconexión del combustible por bajo nivel de agua; 6) acumulación de hollín o cenizas en los tubos de humos; 7) operación de las electroválvulas en el corte de líneas de combustibles; 8) temporización de encendido del quemador y operación del dispositivo de corte de llama por célula; y 9) operación de las válvulas de seguridad de caldera.

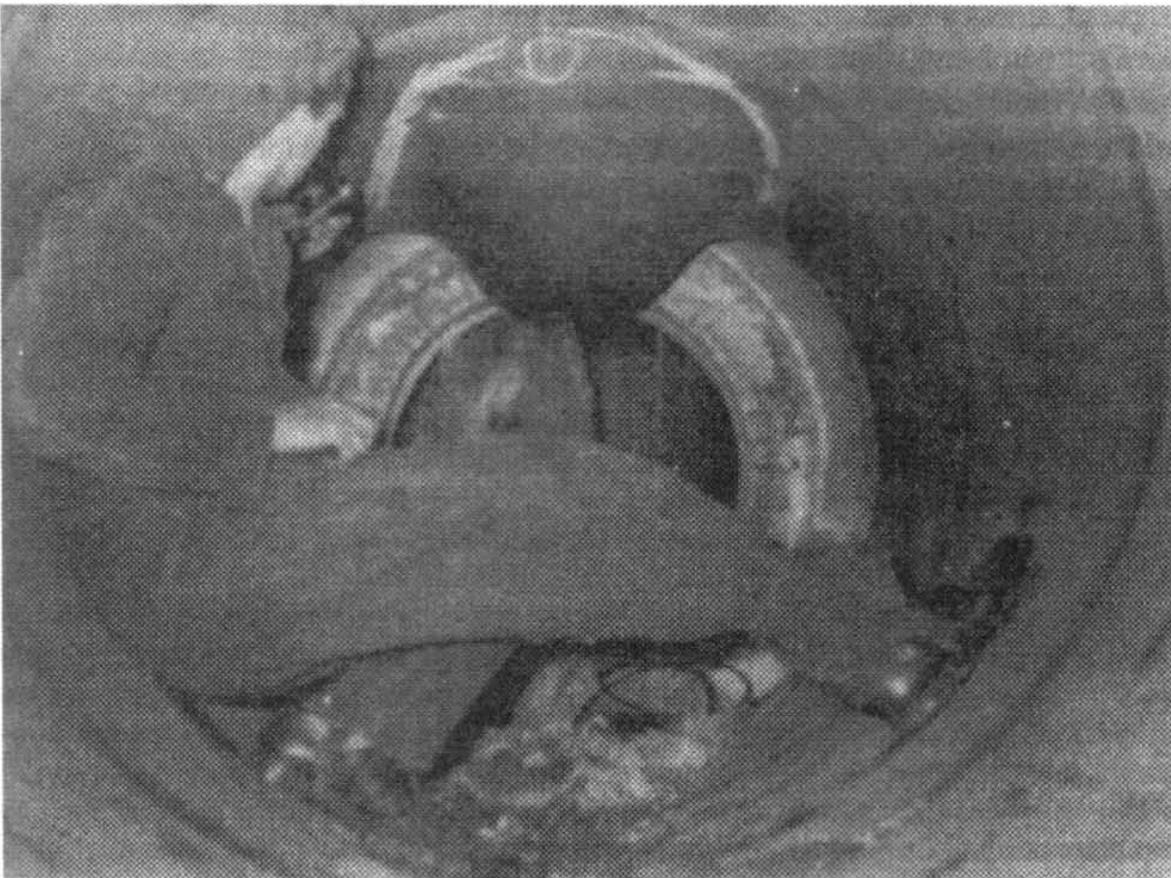


Figura 2.14. Hogar de caldera pirotubular colapsado por bajo nivel de agua. (Cortesía de Seguros Royal Co.)

Caldera tubular vertical

La caldera vertical de tubos de humos se utiliza cuando apremia y es precaria la superficie en planta y los requisitos de presión y capacidad entran dentro del alcance de este tipo de caldera. La caldera tubular vertical (TV) es una unidad caldeada interiormente por tubos de gases. Es una unidad autocontenida que precisa poca o ninguna obra de refractario. Al necesitar poco espacio es muy popular para servicios portátiles o transportables, tales como grúas, *martinetes o hinca pilotes o dragalinas*, motor de grúas y equipos de construcción similar. Las calderas tubulares verticales se utilizan para servicio estacionario que requiere presiones y capacidades de producción medias para procesos tales como prensas, aplicaciones de secado y planchado en lavanderías industriales y en la industria del plástico.

La caldera de tubos de agua de tipo serpentín es un competidor de toda caldera tubular vertical en pequeñas capacidades y presiones bajas de hasta $10,5 \text{ kg/cm}^2$. Pero la caldera tubular vertical está limitada en capacidad y presión incluso más que la caldera de hogar interior horizontal tubular. Por esta razón, la mayoría de las calderas tubulares verticales del tipo piro-tubular a menudo exceden de 300 HP, o alrededor de 4.500 kg/hora de capacidad de producción con una presión máxima de 14 kg/cm^2 . Existen cinco grupos generales o clasificaciones:

1. De virola normal recta con la parte superior seca (Fig. 2.15a).
2. De virola normal recta con la parte superior húmeda (Figura 2.15b).
3. Caldera «Manning» con hogar aumentado.
4. Fondo estrechado gradualmente con hogar aumentado.
5. Unidad vertical sin tubos para las capacidades incluso menores.

La caldera tipo *Manning* y la de fondo estrechado proporcionan una mayor superficie de parrilla y volumen de hogar, o que permite una mayor eficiencia o rendimiento de combustión.

La unidad del tipo de cabezal inverso fue desarrollada para evitar el sobrecalentamiento de los finales de la parte superior de los tubos que están en la zona o espacio del vapor en la caldera vertical piro-tubular. Daños y recalentamiento son, a veces, el resultado de forzar esta última caldera o cuando el fuego se mantiene demasiado fuerte en el arranque. Un fuego suave, bajo, es esencial hasta que comience la vaporización. Entonces los tramos finales de los tubos pueden ser «refrigerados» por el vapor.

Las ventajas de las calderas piro-tubulares verticales son: 1) compacidad y manejabilidad; 2) bajo coste inicial; 3) muy poca superficie requerida por HP de caldera; 4) no se precisa un asentamiento especial; y 5) instalación rápida y sencilla.

Las desventajas son: 1) el interior no es fácilmente accesible para limpieza, inspección o reparación; 2) la capacidad en agua es pequeña, haciéndose difícil mantener una correcta presión de vapor bajo variaciones de carga; 3) la caldera es propensa a los arrastres (llevados por el vapor) cuando se trabaja a plena carga a causa del pequeño espacio de vapor; y 4) la eficiencia o rendimiento es bajo en los tamaños pequeños porque los gases o humos tienen un corto recorrido, y directo, a la chimenea, de forma que se desperdicia mucho calor.

Los depósitos y lodos se depositan en las cámaras de agua de 4" (100 mm, máximo permitido por el Código), ya que tienen una circulación muy restringida.

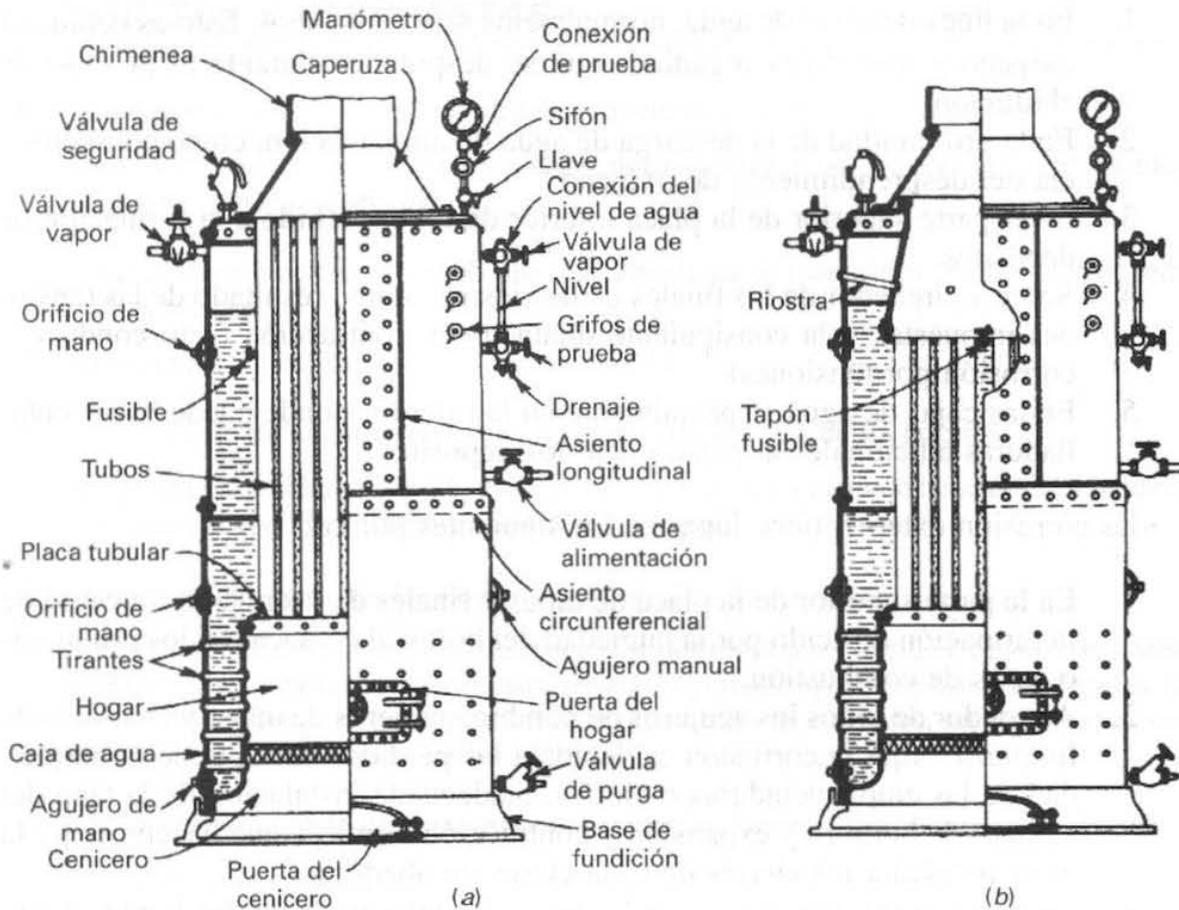


Figura 2.15. Caldera tubular vertical. (a) Diseño de parte superior seca. (b) Diseño de parte superior húmeda.

Las aberturas de limpieza deberían abrirse periódicamente y circunferencialmente en las cámaras de agua y parte inferior de la placa de tubos, de forma que todas las superficies queden accesibles para limpieza. Algunas unidades tienen un drenaje continuo en la parte inferior de las cajas de agua. Cuando esta caldera se abre para limpieza, se puede trabajar con una cadena alrededor de la circunferencia para conseguir que el lodo y depósitos pueden eliminarse desde las aberturas de limpieza.

La normativa no indica un nivel específico de agua para la caldera de parte superior seca excepto constatar que «deberá» ser un nivel en el cual no haya peligro de sobrecalentamiento de ninguna parte de la caldera cuando esté trabajando con ese nivel. Pero el nivel se forma generalmente como mínimo en un punto sito a 2/3 de la altura de la virola, debajo del cabezal o parte superior de la caldera o placa de tubos o bóveda de tubos. Éste es el mismo requerimiento mínimo que para las calderas miniatura verticales de tubos de humos.

Para las de parte superior sumergida (inundada) de tipo húmedo, el nivel mínimo de agua ha de estar al menos 2" (50,8 mm) por encima de la parte final de los tubos, excepto para las calderas miniatura, donde estará a 1" (25,4 mm).

La corrosión interna y externa normalmente tendrá lugar en una caldera vertical de tubos en las siguientes zonas:

1. En la línea de nivel de agua, normalmente sobre los tubos. Esto es debido al oxígeno y materiales orgánicos que se desprenden durante el proceso de ebullición.
2. En la proximidad de la descarga de agua de alimentación, como consecuencia del desprendimiento de oxígeno.
3. En la parte superior de la placa inferior de tubos, debido a la formación de depósitos.
4. Sobre y alrededor de los finales de las riostras, como resultado de las tensiones impuestas y la consiguiente dilatación y contracción (esto conduce a corrosión por tensiones).
5. En las cajas de agua, especialmente en la inferior, donde puede haber entalladuras adicionales al picado bajo los depósitos.

La corrosión exterior tiene lugar en los siguientes puntos:

1. En la parte superior de la placa de tubos y finales de los mismos, a causa de la formación de ácido por la humedad del hollín al contacto de los productos o gases de combustión.
2. Alrededor de todos los agujeros de hombre, agujeros de mano y aberturas de limpieza. Aquí la corrosión es debida a las pérdidas por falta de estanqueidad de las empaquetaduras o cierres, inadecuada instalación de la tapa del agujero de hombre y expansión y contracción térmicas que hacen perder la estanqueidad a los cierres de cada clases de aberturas.
3. En la parte inferior de la virola, cajas de agua y chapa del hogar, como resultado del ataque del hollín.
4. Alrededor de todas las conexiones, incluyendo manómetros, válvulas de seguridad, salida de vapor, conexión del agua de alimentación, conexión de purga y conexión de columnas de agua, a causa de las pérdidas o fugas.

SISTEMAS DE CALDERA MÚLTIPLE

Los sistemas de caldera múltiple se utilizan en muchas plantas con pequeñas calderas para obtener progresivamente una producción mayor por secuenciado de los encendidos de cada caldera, basándose en la demanda (véase la Figura 2.1). La ventaja de esta disposición en comparación con la operación de una caldera desde el 25 al 100 por 100 de carga, ya que por secuenciado según la carga, cada caldera puede operarse a plena capacidad y rendimiento, y así se obtiene el óptimo y máximo rendimiento de diseño. Esto reduce las pérdidas térmicas y de *stand-by*, especialmente donde existe una carga de calefacción a temperatura variable. Las calderas individuales también pueden aislarse para reparaciones y mantenimiento.

El sistema puede estar equipado de controles automáticos para conseguir el secuenciado de calderas según la demanda de carga. Los cuadros de control precableados de fábrica facilitan la instalación y servicio de los controles, si es necesario. El precableado se extiende al suministro de sistemas de calefacción multizona, ya sea por medio de válvulas automáticas o circulatorias.

PREGUNTAS Y RESPUESTAS*

1. ¿Cuál puede ser la causa de explosión o quemadura de un tubo de humos?

RESPUESTA: Los tubos de humos están normalmente bajo presión exterior. Pueden aplastarse, pero no quemarse.

2. ¿Qué caldera tiene chapa bóveda que esté arriostrada de modo similar a la chapa bóveda de locomotora?

RESPUESTA: La caldera marina escocesa (SM).

3. ¿Qué caldera de hogar interior tiene frecuentemente más de un hogar?

RESPUESTA: La caldera SM o la escocesa de trasera seca a menudo tiene de 2 a 4 hogares circulares cuando la caldera es de diámetro grande.

4. ¿Cómo están reforzados los hogares interiores?

RESPUESTA: Si son planos, están arriostrados por tirantes y virotillos. Si son circulares, pueden ser de espesor suficiente para ser autosoportantes para presiones moderadas. Si no son de espesor suficiente, pueden estar arriostrados por tirantes, ser corrugados (ondulados) o reforzados con anillos Adamson.

5. ¿Si se utilizan, donde deberían estar colocados los tapones fusibles en una caldera?

RESPUESTA: No por debajo de la línea inferior del nivel de seguridad.

6. a) ¿Cuál es el menor espesor necesario para una caldera tubular de tubos de acero para que se pueda instalar un tapón fusible?
b) ¿Cuál es la presión y temperaturas máximas permitidas en tubos de cobre o conexiones en calderas de tubos de humos?

RESPUESTA: a) 0,22" (5,58 mm); b) 250 psi (17,5 kg/cm²) y 406 °F (207,7 °C).

7. ¿Qué metal fusible se utiliza en los tapones fusibles térmicos? ¿Cuál es su punto de fusión?

RESPUESTA: Estaño; de 445 °F a 450 °F (de 229,4 °C a 232,2 °C).

8. a) Especifique la razón del mandrilado de los finales de tubos de las calderas pirotubulares.
b) Especifique la razón del rebordeado de los finales de tubos de las calderas de tubos de agua

RESPUESTA: Ambos, el mandrilado, rebordeado o rebordonado incrementan la fuerza de sujeción de los tubos. Las pruebas han demostrado que un tubo mandrilado tiene más fuerza de sujeción que un tubo bordonado (rebordado o pestañado).

- a) El bordonado incrementa el poder de fijación de los tubos y elimina en un elevado grado la erosión o quemado de los terminales de tubo; además, el bordonado de los finales de tubo se utiliza en calderas pirotubulares.

* Utilizar la Sección I del código ASME de calderas para respuestas del Código.

- b) El mandrilado de los finales de tubo aumenta el poder de fijación o sujeción de los tubos. Como el fuego no está en contacto con el final de los tubos de agua, los tubos en estas calderas están normalmente mandrilados.

9. Explique el significado de calderas calentadas exterior o interiormente.

RESPUESTA: Las calderas caldeadas exteriormente tienen un hogar separado construido fuera de la virola de la caldera. La caldera HRT es probablemente el ejemplo más ampliamente conocido de la caldera caldeada exteriormente. En las calderas de hogar interior, el hogar forma parte integral de la estructura de caldera. La caldera tubular vertical, la de locomotora y la SM son ejemplos bien conocidos de calderas caldeadas interiormente.

10. ¿Dónde están los tirantes más expuestos a rotura en el hogar de la caldera de locomotora?

RESPUESTA: Normalmente en la fila superior de tirantes y en la primera fila de riostras radiales, con fracturas que tienen lugar cerca de la superficie de la chapa exterior (chapa envolvente). Esta zona es un área de alta densidad térmica, que produce grandes movimientos de dilatación y contracción.

11. ¿Cuáles son los métodos de arriostamiento más comúnmente utilizados en una caldera HRT?

RESPUESTA: Se utilizan cuatro métodos:

1. Atirantado transversal: se usa bajo los tubos porque no hay sitio suficiente para otros arriostrados, que acumularían depósitos más fácilmente.
2. Los tirantes diagonales se utilizan por encima de los tubos para soportar la chapa plana no arriostrada que está por encima de los tubos.
3. Se utilizan también cartelas de arriostamiento por encima de los tubos.
4. Si los diámetros de caldera no están por encima de 914 mm y las presiones no sobrepasan los 7 kg/cm², pueden usarse angulares y otras formas de acero estructural, si se dispone, de acuerdo a los requerimientos del código ASME.

12. Cite tres causas de ampollas de la virola o chapa de una caldera de tubos de humos con retorno horizontal.

RESPUESTA:

1. El aceite (de lubricación de rodamientos, bombas, etc.) que se introduce con el agua de alimentación de la caldera y que es arrastrado hasta la parte inferior de la virola, donde, expuesto al calor, puede producir sobrecalentamiento.
2. El recubrimiento o fango (de los sedimentos del agua) se deposita en la parte inferior de la virola, restringiendo la transferencia térmica.
3. Una llama excesivamente localizada sobre una parte de la virola produce un calentamiento localizado.

13. ¿Cómo se efectúan los taladros según las exigencias de la normativa?

RESPUESTA: Deben hacerse a no más de 1/2" (12,7 mm) menores que el diámetro de acabado y deben mecanizarse con herramientas mecánicas. A menudo se efectúan con un taladro piloto y una fresa de corte rotativo.

14. a) ¿Cuánto más grande que el tubo (de humos) debe ser un taladro de alojamiento?
b) ¿Cuánto mayor para un tubo de agua?

RESPUESTA:

- a) 1/16" mayor en diámetro (1,58 mm).
b) 1/32" mayor (0,79 mm).

15. ¿Cómo deben trabajarse los finales de chapas y extremos de tubos para su asiento longitudinal?

RESPUESTA: Deben conformarse por laminado o prensado y no a golpes.

16. ¿Cuánto deben salir de la chapa los finales de los tirantes o roblones antes de proceder a su remachado?

RESPUESTA: No menos de dos roscas.

17. ¿Por qué el agua de alimentación no debería descargar en las cajas de agua?

RESPUESTA: La acción refrigeradora del agua contra las chapas calientes del hogar podría causar tensiones serias y daños probables.

18. ¿Para qué sirven las puertas de la caja de humos de las calderas de locomotora?

RESPUESTA: Inspección, limpieza y cambio de tubos de humos.

19. Cite cuatro tipos de construcción de puertas de hogar en una caldera de tubos vertical

RESPUESTA: Embridado y roblonado, embridado y soldada, ambas chapas embridadas y roblonadas (en boca de succión) y remachada con anillo de refuerzo.

20. ¿Cuáles son los cuatro tipos de caldera de tubos de humos verticales?

RESPUESTA: Chapa plana estándar, *Manning*, chapa perforada y cabezal sumergido.

21. ¿Cuáles son las razones o ventajas en las desviaciones del tipo normal estándar de los otros tipos citados en la pregunta número 20?

RESPUESTA: El cabezal sumergido frontal protege las partes superiores de los tubos del recalentamiento. El tipo *Manning* y el de chapa perforada permiten una mayor superficie de parrilla y un mayor volumen de hogar.

22. ¿Sobre qué norma de construcción se basa la presión máxima permisible en la caldera estándar de tubos verticales?

RESPUESTA: En la resistencia de la chapa u hogar; la que sea más débil, para resistir la rotura por presión interior o aplastamiento (colapso) del hogar por presión exterior a él.

23. ¿Qué método adicional se utiliza al calcular la presión máxima permisible de una caldera *Manning*?

RESPUESTA: Es necesario calcular la tensión de la chapa en su punto de mayor diámetro, entre la brida y la de los tirantes.

24. ¿La caldera económica es de hogar interior?

RESPUESTA: No. Su cámara de combustión es de acero, pero no forma parte de la zona presurizada de la caldera.

25. Cite cuatro calderas de hogar interior.

RESPUESTA: Vertical tubular, de locomotora, marina escocesa y escocesa de pared trase-ra seca.

26. ¿Cuándo se abre una junta de estanqueidad de una caldera, deberán volverse a usar los materiales de ella?

RESPUESTA: Las juntas de los agujeros de hombre y de mano no deberían volverse a usar cuando se montan de nuevo para volver a dar servicio en la caldera.

27. ¿Qué precauciones deberían tomarse antes de cerrar los agujeros de hombre de los calderines y puertas de estanqueidad de las calderas de vapor?

RESPUESTA: Asegurarse de que todas las herramientas, trapos y objetos similares extra-ños son retirados y que todo el personal que trabaje en el generador de vapor haya salido de la unidad.

28. Una caldera se instala en una planta industrial. ¿Por qué es necesario que un inspector autorizado por jurisdicción para ello haga una inspección de nuevo antes de que la caldera entre en funcionamiento?

RESPUESTA: La caldera es inspeccionada y comprobada hidráulicamente por un inspec-tor autorizado; sin embargo, la instalación debe ser inspeccionada también por los re-querimientos o servicios territoriales o estatales sobre: soporte de la caldera, tuberías, válvulas de seguridad de caldera, purgas, válvulas de corte y alimentación y conexiones, instrumentación y controles, así como seguridades de combustión que deben cumplir los requisitos de instalación jurisdiccionales.

29. ¿Cómo se comprueban los tirantes y arriostramientos para ver su solidez durante las inspecciones?

RESPUESTA: Todos los tirantes deberán comprobarse para ver si están aún en tensión; las conexiones soldadas o roblonadas deberán comprobarse para ver si hay grietas, desprendi-mientos de soldadura o signos de erosión o desgaste excesivo. Los tirantes o tensores se prueban normalmente al sonido, golpeando el terminal del tirante para comprobar si el sonido es el mismo en todos ellos. Un tirante agrietado o roto produce un sonido diferente.

30. ¿Cómo se comprueba la obstrucción de la circulación en una caldera pirotubular?

RESPUESTA: Hay que comprobar el sedimento y depósitos por encima de la parte supe-rior de los tubos; puede deslizarse una pequeña linterna o lámpara bajándola entre los tubos para observar si los depósitos de óxidos están taponando el espacio entre los tubos o en las cajas de agua.

31. ¿Por qué debería un operador de calderas estar familiarizado con la operación manual en una caldera equipada con controles de combustión automáticos?

RESPUESTA: Las operaciones manuales deberían practicarse periódicamente para la eventualidad de que se puedan desarrollar condiciones de emergencia en los controles automáticos.

32. ¿Deberían ser las electroválvulas de combustible de las calderas automáticas del tipo de reenganche manual?

RESPUESTA: En calderas industriales es importante determinar por qué la válvula solenoide de combustible corta el combustible. Por ejemplo, podría ser por causa de una combustión deficiente que active el sistema de seguridad por célula detectora de presencia de llama. Por otra parte, la válvula solenoide de combustible debería ser del tipo de rearme manual para prevenir y evitar que se puedan desarrollar condiciones peligrosas de operación. Un operador puede y debe comprobar por qué se cortó el suministro de combustible.

33. Dos calderas de alta presión están conectadas a un calderín colector de vapor común. ¿Cuáles son los requerimientos normativos sobre las conexiones del calderín a cada caldera?

RESPUESTA: El código y la norma ANSI B31.1 (tuberías) pide que las calderas unidas a un calderín o tubería común de vapor estén conectadas mediante dos válvulas de corte que tengan un drenaje o purga libre entre ellas para comprobar la estanqueidad del cierre de la válvula. La primera válvula de corte próxima a la caldera debe ser una válvula antirretorno automática para evitar el retroceso o contra flujo. La segunda válvula debería ser del tipo de tornillo de rosca exterior y yugo, y si la salida del vapor es mayor de 2" (50,8 mm) la válvula deberá ser del tipo de eje saliente.

34. Explique la diferencia entre una bolsa y una ampolla encontradas sobre la virola de una caldera pirotubular

RESPUESTA: Una bolsa es una deformación o bulto causado por un recalentamiento localizado de la virola y se extiende a través de todo el espesor de la chapa o virola. Una ampolla es una separación en la chapa que no se extiende a través de todo el espesor, pero es de naturaleza exfoliada, normalmente producida por impurezas que se introducen en el metal durante la operación de laminación.

35. ¿Por qué los agujeros de hombre y aberturas de servicio manual son normalmente de forma oval o elíptica?

RESPUESTA: Ello facilita la abertura de las tapas de la caldera en los períodos de mantenimiento e inspección. Las entradas de hombre proveen de una longitud extra para acceder al interior de la caldera sin hacer la abertura tan grandes que habría que quitar material extra, lo que a su vez requeriría un mayor refuerzo alrededor de las aberturas. El eje mayor de la aberturas de los agujeros de hombre siempre está colocado en pletina sobre la virola.

36. Al inspeccionar una caldera vieja de hogar interior y tubos de humos horizontales se encuentra que la caldera tiene tres tensores a un lado del agujero de hombre superior y cuatro tensores al lado opuesto. ¿Debe reducirse la presión de trabajo?

RESPUESTA: Esta situación debería llamar la atención del inspector de jurisdicción. Él determinará la presión admisible comprobando la carga y luz o paso entre tensores que son precisos para soportar la carga y la luz permisible, y que no se necesite hacer nada más. Si se necesitan cuatro tensores en cada lado, habrá que instalar un tensor adicional o reducir la presión.

37. Un tensor macizo de 8" (200 mm), ¿qué tipo de taladro requiere en la chapa de virola y qué distancia debe sobresalir de ella?

RESPUESTA: Según los requisitos del Código, el taladro debe ser, al menos, de 3/16" (4,76 mm) mayor en diámetro y debe sobresalir 1/2" (12,7 mm) por encima de la superficie de la chapa que está siendo arriostrada.

38. ¿Cómo afecta la longitud del hogar a sus tensiones?

RESPUESTA: La longitud incrementa el momento flector que el hogar debe soportar cara al aplastamiento o colapso. Ésta es la razón para arriostrar el hogar, instalando por ejemplo un anillo Adamson en toda su longitud.

39. ¿Cuál es la distorsión máxima permisible por el Código en el diámetro de una virola de caldera o calderín soldado?

RESPUESTA: 1 por 100 del diámetro medio.

40. ¿Está permitido situar un taladro para tubo en una junta soldada?

RESPUESTA: Por el código americano, es permisible; sin embargo, la soldadura después del tarado debe comprobarse para ver si hay grietas por medio de una inspección magnética de partículas para estar seguro de que no está afectada.

41. ¿Bajo qué condiciones pueden soldarse las riostras o tirantes según normativa?

RESPUESTA: La junta o unión debe prepararse según el Código, y el procedimiento de soldadura y soldado debe cumplir los requisitos del Código.

42. ¿Cuál es el espesor mínimo que debe cumplir una chapa de acero de virola y de tubo de humos de caldera pirotubular en una caldera de 60" de diámetro interior (152,4 mm)?

RESPUESTA: Según el Código, 3/8" para la virola (9,53 mm) y 1/2" (12,7 mm) para la chapa de tubos de humos*.

43. ¿En qué tipo de caldera encontraría usted un hogar Adamson, y según el Código cuál es la menor sección longitudinal y el espesor de un hogar Adamson?

RESPUESTA: En la caldera SM; 18" de longitud (457,2 m); espesor: 5/16" (7,98 mm) (según la Sección I, parte PFT).

44. Una caldera de hogar interior con fondo de hogar húmedo va a instalarse en una sala de calderas. ¿Qué distancia mínima se requiere entre la parte inferior de la virola y el suelo?

RESPUESTA: Una distancia de 12" (305 mm) se requiere para que el fondo de la virola sea accesible sobre el suelo para inspección y/o reparación.

45. Un nivel de vidrio en una caldera horizontal de tubos de humos muestra el nivel mínimo posible de agua en el vidrio. ¿Cuántos milímetros por encima de los tubos debería estar este nivel según el Código?

RESPUESTA: El Código exige que el agua esté 3" (76,2 mm) por encima de los tubos cuando el agua en el vidrio está a su mínimo nivel visible.

* Según la normativa española:

$$e = P\phi/2\sigma + 1,5 \text{ mm} = 16 \text{ kg/cm} \times 152 \text{ cm}/2 \times 1.500 \text{ kg/cm} + 1,5 \text{ mm} = 9,6 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}.$$

46. El Código no permite soldaduras en las chapas de una caldera de tubos de humos que estén en contacto con los gases primarios del hogar. Defina gases primarios de hogar.

RESPUESTA: Los gases primarios de hogar son aquellos que están en la zona de fuego donde la temperatura excede los 850 °F (454 °C).

47. Para una caldera pirotubular, por normativa, ¿cuál es el menor tamaño de fusible y puertas de acceso?

RESPUESTA: Los fusibles deben ser, al menos, de 1½" (38 mm) y las puertas de acceso deben tener un área mínima representada por un rectángulo de 12" × 16" (305 mm × 406,4 mm), siendo 11" (279,4 mm) la dimensión mínima permitida.

48. ¿Por qué se utilizan domos en las calderas de locomotora?

RESPUESTA: Para suministrar vapor más seco y también proveer de espacio adicional de almacenamiento de vapor para utilizarlo durante las etapas de subida o ascenso del tren.

49. a) ¿Por qué no se queman las partes superiores de los tubos en las calderas verticales que no están cubiertas con agua?
b) ¿Por qué las partes finales de los tubos en una caldera de alta temperatura tienen pérdidas en caso de bajo nivel de agua?

RESPUESTA:

- a) Porque los productos de combustión en este punto están a una temperatura tal que la refrigeración de los finales de tubo viene dada por el vapor y evita que se quemen los finales superiores.
b) Los productos de la combustión en la chapa final de tubos están a mucha menor temperatura que en la chapa delantera, de forma que cuando sucede un bajón del nivel de agua, los tubos se recalientan y dilatan; al mismo tiempo, la chapa delantera se recalienta y el alojamiento del tubo se dilata y se hace más grande, de forma que el asiento del tubo producido por la dilatación, se destruye y de ese modo tiene lugar la fuga en los finales delanteros.

50. ¿Qué tipo de caldera, pirotubular o de tubos de agua, tiene mayor superficie de calefacción en los tubos?

RESPUESTA: El Código establece que la superficie de calefacción debe computarse por aquel lado de la superficie de caldera expuesta a los productos de la combustión. Además, un tubo de agua contiene mayor superficie de calefacción que un tubo de humo del mismo diámetro.

51. ¿Cuándo es preciso un agujero de hombre en la chapa frontal de tubos bajo los tubos en una caldera HR?

RESPUESTA: Cuando la caldera es de 48" (1.219 mm) de diámetro o mayor.

52. ¿Cuándo se requiere un agujero de entrada de hombre por encima de los tubos de humos de una caldera pirotubular horizontal?

RESPUESTA: Si es de hogar exterior, para calderas de 40" (1.016 mm) de diámetro o mayor; si son de hogar interior, para calderas de 48" (1.220 mm) de diámetro o mayores.

53. a) ¿Cuál es la anchura mínima de una brida de agujero de hombre para una superficie de acoplamiento y cierre?
b) ¿Qué puede hacerse si la brida fuera sólo de 7/16" (11,11 mm) de espesor?

RESPUESTA:

- a) 1 1/16" (17,46 mm).
b) Puede adaptarse un anillo de acero sobre la brida por contracción y la doble cara puede ser mecanizada como superficie de soporte.
54. Cite cuatro medios de soportar un hogar circular sometido a presión exterior.

RESPUESTA: Puede ser: 1) autoportante; 2) atirantado; 3) ondulado (corrugados); o 4) equipado con anillos Adamson.

55. ¿Cuál es la longitud máxima permitida de paso en una caldera pirotubular de tubos de humos y retorno horizontal, de construcción roblonada?

RESPUESTA: 12 pies (3,66 m).

56. ¿Cuáles son las ventajas de la chapa superior de tubos sumergida en una caldera vertical?

RESPUESTA: Una chapa superior de tubos sumergida en caldera vertical protege la parte superior de los tubos y los finales de éstos del recalentamiento y posibles grietas por la misma causa.

57. ¿Qué limitaciones de tamaño no deben excederse para que una caldera pirotubular sea clasificada como caldera miniatura?

RESPUESTA: Diámetro interior: 16" (406,4 mm); volumen bruto: 5 ft³ (0,1415 m³ = 1.415 litros); superficie calefactora: 20 ft² (1,86 m²); presión de trabajo permisible: 100 psi (7 kg/cm²).

58. Cite tres ventajas por utilizar hogar ondulado (corrugado) en una caldera de hogar interior (SM).

RESPUESTA: El tipo de hogar interior ondulado ofrece las siguientes ventajas sobre un hogar plano: 1) las ondulaciones arriostan el hogar de forma que no se aplaste tan fácilmente bajo la acción de la presión interior, como uno similar del mismo espesor pero liso y mucho menos que uno plano; 2) el hogar ondulado permite soportar más dilatación y contracción como efecto de la acción acordeón de las ondulaciones; y 3) hay un ligero incremento en la transmisión térmica respecto a un hogar plano del mismo diámetro y longitud.

59. ¿Cómo puede comprobarse el nivel de agua en una caldera de vapor si el nivel de vidrio está temporalmente fuera de servicio?

RESPUESTA: Utilizando los grifos de prueba que están situados en la columna del nivel de agua.

60. ¿Qué consideraciones de espacio se requieren cuando se instalan calderas horizontales de tubos de humos?

RESPUESTA: Debe dejarse suficiente espacio en el frente o en la trasera de la caldera de forma que se puedan reemplazar los tubos de humos.

61. ¿Por qué exige el Código de calderas que las calderas HRT de más de 72" (1.829 mm) de diámetro sean soportadas por algún tipo de asiento y suspensión exterior?

RESPUESTA: Los apoyos de obra que se utilizan en las calderas pequeñas de hogar interior no pueden soportar la carga más pesada que una caldera llena de agua impondría a los ladrillos y cimientos, y podría producirse la rotura o desmoronamiento de los soportes de obra.

62. ¿Qué es un contrafuerte?

RESPUESTA: Es una barra atornillada a las chapas planas de soporte de tubos para evitar que la chapa pandee cuando los tirantes se ponen en tensión antes de instalar los tubos de humos.

63. Al inspeccionar una caldera horizontal de tubos de humos, ¿cuál es la diferencia entre un tirante y una riostra transversal? ¿Dónde se utiliza cada uno? ¿Por qué?

RESPUESTA: El tirante tiene tuercas y arandelas en cada extremo. La riostra transversal tiene tuercas y arandelas en un extremo; el otro extremo está forjado en un ojal o base libre de la zona de cabeza mediante una clavija, tuerca u otro tipo de construcción. Las riostras transversales pueden usarse por encima de los tubos y para que las tuercas estén protegidas de la combustión por la chapa bóveda.

Las riostras transversales se utilizan por debajo de los tubos de humos allí donde los extremos deben protegerse de las altas temperaturas de los gases.

64. Una caldera de locomotora está para exhibición en una feria estatal y requiere aprobación para operar.

- a) ¿Cuáles son las chapas de una caldera de locomotora?

RESPUESTA: Virola, chapa de tubos de la caja de humos, chapa del domo, cabezal del domo, chapa envolvente, chapa transversal, chapas colaterales de la caja de humos, chapa de los tubos de humos, chapa bóveda, chapa interior de la puerta del hogar y chapa exterior la misma.

- b) ¿Cuál es la zona de más peligro de la caldera en caso de bajo nivel de agua?

RESPUESTA: La chapa bóveda.

- c) ¿De qué lado o final se retiran y reemplazan los tubos de humos?

RESPUESTA: De la parte final de la caja o cajón de humos.

- d) ¿Cómo se soportan las chapas del hogar?

RESPUESTA: El lateral, puerta y chapas transversales se soportan por riostras. La chapa deberá ser soportada por tensores radiales o tirantes y virotillos.

- e) ¿Cuál es la colocación normal del agujero de entrada de hombre?

RESPUESTA: En el domo o en la chapa superior si no hay domo.

- f) ¿Cuántos agujeros de entrada de hombre se usan en una caldera de locomotora? Explique su respuesta.

RESPUESTA: Uno. La parte de la virola sobre los tubos es la única zona del interior que es accesible.

g) ¿Cuál sería el nivel mínimo para la tuerca inferior del nivel de vidrio?

RESPUESTA: La parte visible más baja del vidrio debería estar, al menos, a 3" (76,2 mm) encima de la parte más elevada de la chapa bóveda.

65. ¿Para qué tamaño de caldera pirotubular se debe aplicar el código ASME CSD-1 titulado «controles y dispositivos de seguridad para calderas automáticas»?

RESPUESTA: Ésta es también una norma ANSI y puede ser requerida para adopción de jurisdicción en toda instalación de calderas automáticas de potencias térmicas de entrada de combustible entre 400.000 hasta 12.500.000 BTU/hora (de 100.800 a 3.150.000 kcal/hora). Véanse posteriormente los capítulos relativos a combustibles, combustión y controles.