

**FUNDICIÓN DE TRANSICIÓN PARA CALDERA CON HORNO SUPERIOR
ENFRIADO CON VAPOR**

ANTECEDENTES

5 La presente descripción se refiere a tipos de caldera, donde las formas de realización ilustrativas incluyen calderas subcríticas, calderas de circulación natural subcríticas, calderas a carbón, calderas a carbón subcríticas, calderas a carbón de circulación natural
10 subcríticas y a métodos de fabricación y operación de ellas. Las fundiciones de transición se describen, junto con los métodos de fabricación y uso de ellos, para permitir que pequeñas calderas alcancen altas temperaturas de vapor supercalentado superiores a aproximadamente 1000 °F y de
15 hasta 1100 °F.

 Pequeñas calderas a carbón hallan aplicación en diversas configuraciones, como cuando los requerimientos de energía son relativamente bajos (por ejemplo, áreas rurales, regiones subdesarrolladas), donde el carbón es fácilmente
20 asequible, etc. Las típicas calderas a carbón pequeñas para generación de energía eléctrica emplean un diseño de circulación natural subcrítica. Un ejemplo de tal diseño de caldera es el diseño de caldera radiante de tipo Babcock & Wilcox Carolina. Este diseño emplea un horno con paredes de
25 horno enfriadas con agua de membrana que alimenta uno o

varios tambores de vapor. El agua que pasa a través de las paredes del horno absorben energía térmica, que enfrían en efecto los tubos / caños directamente expuestos al calor de combustión. Los tambores de vapor alimentan uno o varios
5 supercalentadores primarios ubicados dentro de un paso de convección y uno o varios supercalentadores colgantes secundarios ubicados dentro de la porción superior del horno. Este vapor supercalentado se usa para hacer funcionar una turbina a alta presión. El vapor que sale de la turbina a
10 alta presión se envía luego a través de recalentadores para incrementar nuevamente la temperatura, de modo que el vapor se pueda usar luego para hacer funcionar una turbina a baja presión.

Los caños o tubos enfriados con agua se diseñan
15 para llevar vapor húmedo (es decir, una mezcla de vapor/agua o, de modo equivalente, calidad de vapor menor al 100%). Para una presión operativa dada, la temperatura de vapor húmedo se limita termodinámicamente hasta la temperatura de ebullición de agua líquida a la presión operativa dada. En la práctica,
20 los caños enfriados con agua se diseñan para una temperatura operativa de aproximadamente 650 °F-670 °F, correspondiente a una presión operativa de aproximadamente 2200-2600 psig. En una caldera subcrítica, los caños enfriados con agua alimentan vapor húmedo al tambor de vapor.

25 Por el contrario, los caños o tubos enfriados con

vapor se diseñan para llevar vapor supercalentado que tiene una calidad de vapor del 100% (es decir, ningún componente líquido). La temperatura de vapor supercalentado no se limita termodinámicamente para una presión dada y en diseños de tipo Carolina, los supercalentadores enfriados con vapor en general llevan vapor supercalentado a temperaturas de aproximadamente 1000 °F-1050 °F.

Debido a las diferencias en temperatura, los caños enfriados con agua se pueden hacer de acero al carbono de bajo costo, mientras que los caños enfriados con vapor se hacen de composiciones de acero más costosas. Un diseño como la caldera radiante de tipo Carolina aprovecha ventajosamente estos factores diseñando todo el horno para que se enfríe con agua, de modo que las paredes de membrana puedan usar caños de acero al carbono de menor costo y membranas de conexión. Los componentes supercalentadores de aleaciones superiores se ubican dentro del horno y paso de convección (es decir, dentro de las paredes de la caldera) y no tienen membrana. En estos diseños, las paredes enfriadas con agua de membrana son generalmente más frías que el gas de combustión al que se exponen los supercalentadores enfriados con vapor, debido a una transferencia de calor más eficaz a la mezcla de vapor/agua llevada por los caños enfriados con agua.

En ciertas aplicaciones, es deseable obtener vapor a altas temperaturas después del supercalentamiento y después

del recalentamiento, por ejemplo, aproximadamente 1050 °F después de ambos ciclos. Esto puede ser difícil en pequeños diseños y otros diseños y métodos son necesarios para obtener tales altas temperaturas.

5

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente descripción se refiere así a calderas subcríticas de alta presión pequeñas que pueden tener una circulación natural y lograr altas temperaturas del supercalentador de aproximadamente 1050 °F. En general, el
10 horno inferior de tales calderas usa tubos/caños enfriados con agua y el horno superior usa tubos/caños enfriados con vapor. El horno superior y el horno inferior se unen entre sí a través de una sección de transición que se forma a partir de fundiciones de transición como se describe en la presente.

15

Se revelan en la presente en varias formas de realización fundiciones de transición, que comprenden: un primer tubo de vapor que tiene un diámetro de tubo de vapor y un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal que apunta a una dirección hacia adelante y un extremo
20 vertical que apunta a una primera dirección vertical; un primer tubo de agua que tiene un diámetro de tubo de agua y un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal que apunta a la dirección hacia adelante y un extremo vertical que apunta a una segunda dirección vertical opuesta
25 a la primera dirección vertical; un primer tubo pasante que

tiene un diámetro de tubo pasante y un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical que apunta a la primera dirección vertical y un segundo extremo vertical que apunta a la segunda dirección vertical; y una membrana que une el primer tubo de vapor, el primer tubo de agua y el primer tubo pasante para formar un sello a presión entre estos; en donde un centro del extremo vertical del primer tubo de vapor y un centro del primer extremo vertical del primer tubo pasante se alinean en un primer plano y un centro del extremo vertical del primer tubo de agua se desplaza del primer plano.

También se describen en la presente en varias formas de realización fundiciones de transición, que comprenden: un primer tubo de vapor que tiene un diámetro de tubo de vapor y un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal que apunta a una dirección hacia adelante y un extremo vertical que apunta a una primera dirección vertical; un primer tubo de agua que tiene un diámetro de tubo de agua y un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal que apunta a la dirección hacia adelante y un extremo vertical que apunta a una segunda dirección vertical opuesta a la primera dirección vertical; un primer tubo pasante que tiene un diámetro de tubo pasante y un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical que apunta a la primera dirección vertical y un segundo

extremo vertical que apunta a la segunda dirección vertical;
y una membrana que une el primer tubo de vapor, el primer
tubo de agua y el primer tubo pasante para formar un sello a
presión entre estos; en donde un centro del extremo vertical
5 del primer tubo de vapor y un centro del primer extremo
vertical del primer tubo pasante define una primera línea; en
donde un centro del extremo vertical del primer tubo de agua
y un centro del segundo extremo vertical del primer tubo
pasante define una segunda línea; y en donde la primera línea
10 y la segunda línea forman un ángulo agudo.

En varias formas de realización, el primer tubo de
agua y el primer tubo de vapor son ambos adyacentes a un lado
común del primer tubo pasante.

A veces, el extremo frontal del primer tubo de
15 vapor está desplazado tanto lateral como verticalmente del
extremo frontal del primer tubo de agua. Alternativamente, el
extremo frontal y el extremo vertical del primer tubo de
vapor están desplazados verticalmente uno del otro. El
extremo frontal y el extremo vertical del primer tubo de agua
20 se pueden alinear verticalmente entre sí.

La fundición de transición también puede comprender
una aleta de transferencia de calor que se extiende desde la
membrana y que linda con el primer tubo de agua.

El diámetro del tubo de agua puede ser mayor que el
25 diámetro de tubo de vapor. En algunas formas de realización,

el diámetro de tubo pasante es el mismo que el diámetro de tubo de vapor. En otras formas de realización, el diámetro de tubo pasante es el mismo que el diámetro de tubo de agua.

En algunas formas de realización particulares, la fundición de transición también comprende un segundo tubo pasante que tiene el diámetro de tubo pasante y un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical que apunta a la primera dirección vertical y un segundo extremo vertical que apunta a la segunda dirección vertical; en donde el primer tubo de vapor y el primer tubo de agua se ubican verticalmente uno respecto del otro y se ubican entre el primer tubo pasante y el segundo tubo pasante.

Los primeros extremos verticales del primer tubo pasante y el segundo tubo pasante pueden estar desplazados en la misma dirección lateral respecto de segundos extremos verticales del primer tubo pasante y el segundo tubo pasante.

Dos líneas que unen (i) el segundo extremo vertical del primer tubo pasante con el extremo vertical del primer tubo de agua y (ii) el extremo vertical del primer tubo de agua con el segundo extremo vertical del segundo tubo pasante, pueden formar un ángulo obtuso.

En otras formas de realización, los centros de los primeros extremos verticales del primer tubo pasante y el segundo tubo pasante están más cerca entre sí que los centros de los segundos extremos verticales del primer tubo pasante y

el segundo tubo pasante.

En algunas fundiciones de transición, dos líneas que unen (i) el primer extremo vertical del primer tubo pasante con el extremo vertical del primer tubo de vapor y
5 (ii) el extremo vertical del primer tubo de vapor con el primer extremo vertical del segundo tubo pasante forman un ángulo obtuso.

En algunas formas de realización, el centro del extremo vertical del primer tubo de agua se desplaza del
10 primer plano por una distancia de aproximadamente un radio del primer tubo de vapor.

La fundición de transición se puede hacer de acero inoxidable.

También se describen calderas que comprenden: un
15 horno superior que tiene paredes de membrana enfriadas con vapor que comprende tubos de pared de vapor; un horno inferior que tiene paredes de membrana enfriadas con agua que comprende tubos de pared de agua; una sección de transición dispuesta entre el horno superior y el horno inferior, en
20 donde la sección de transición comprende una fundición de transición superior y una fundición de transición inferior que se unen alternando tubos de agua rectos y tubos de vapor rectos. La fundición de transición superior comprende un tubo de vapor superior que tiene un diámetro de tubo de vapor y un
25 pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal que

apunta a una dirección hacia adelante y un extremo superior que apunta a una dirección vertical superior; un tubo de agua superior que tiene un diámetro de tubo de agua y un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal que apunta a la

5 dirección hacia adelante y un extremo inferior que apunta a una dirección vertical inferior; un tubo pasante de vapor que tiene el diámetro de tubo de vapor y un conducto de fluido que se extiende entre un extremo superior que apunta a la dirección vertical superior y un extremo inferior que apunta

10 a la dirección vertical inferior; y una membrana que une el tubo de vapor superior, el tubo de agua superior y el tubo pasante de vapor para formar un sello a presión entre estos; en donde un centro del extremo superior del tubo de vapor superior y un centro del extremo superior del tubo pasante de

15 vapor se alinean en un primer plano y un centro del extremo inferior del tubo de agua superior se desplaza del primer plano. La fundición de transición inferior comprende un tubo de vapor inferior que tiene el diámetro de tubo de vapor y un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal que

20 apunta a la dirección hacia adelante y un extremo superior que apunta a la dirección vertical superior; un tubo de agua inferior que tiene el diámetro de tubo de agua y un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal que apunta a la dirección hacia adelante y un extremo inferior que apunta a

25 la dirección vertical inferior; un tubo pasante de agua que

tiene el diámetro de tubo de agua y un conducto de fluido que se extiende entre un extremo superior que apunta a la dirección vertical superior y un extremo inferior que apunta a la dirección vertical inferior; y una membrana que une el tubo de vapor inferior, el tubo de agua inferior y el tubo pasante de agua para formar un sello a presión entre estos; en donde un centro del extremo inferior del tubo de vapor inferior y un centro del extremo inferior del tubo pasante de vapor se alinean en un segundo plano y un centro del extremo superior del tubo de vapor inferior se desplaza del segundo plano.

Cualquier fundición de transición también puede comprender una aleta de transferencia de calor que se extiende desde la pared de membrana y que linda con el tubo de agua superior.

En distintas formas de realización, el tubo de vapor superior y el tubo de vapor inferior están conectados cada uno de forma fluida con una cabeza de entrada de vapor ubicada por debajo de la fundición de transición inferior; y el tubo de agua superior y el tubo de agua inferior están conectados cada uno de forma fluida con una cabeza de salida de agua ubicada por arriba de la fundición de transición superior.

El horno inferior se puede soportar en la parte superior a través de la sección de transición. Los centros de

los tubos de agua rectos se pueden ubicar en un plano diferente de los centros de los tubos de vapor rectos. El diámetro del tubo de agua puede ser mayor que el diámetro de tubo de vapor. La fundición de transición superior y la fundición de transición inferior se pueden hacer de acero inoxidable.

Estos y otros aspectos no limitativos y/u objetos de la descripción se describen más particularmente a continuación.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Lo siguiente es una breve descripción de estos dibujos, que se presentan para ilustrar las formas de realización reveladas en la presente y no para limitarlas.

La **FIG. 1** muestra en un diagrama una vista de sección lateral de una caldera ilustrativa. Los insertos A, B y C ilustran porciones de tuberías.

La **FIG. 2** es una vista de sección transversal superior de la caldera de la **FIG. 1** a través del horno superior a lo largo de la línea A-A de la **FIG. 3**.

20

La **FIG. 3** muestra en un diagrama una vista seccional lateral más detallada de una porción de la caldera de la **FIG. 1** que incluye una visualización ilustrativa de supercalentadores.

La **FIG. 4** muestra en un diagrama de un circuito de enfriamiento de la caldera de la **FIG. 1** y la **FIG. 2**.

La **FIG. 5** es una vista en perspectiva ampliada de la caldera que muestra la sección de transición.

La **FIG. 6** es una vista en perspectiva de la sección de transición.

5 Las **FIGS. 7 a 10** son diferentes vistas de una fundición de transición superior. La **FIG. 7** es una vista en perspectiva. La **FIG. 8** es una vista frontal. La **FIG. 9** es una vista de arriba y la **FIG. 10** es una vista de abajo.

10 La **FIG. 11** es una vista frontal ampliada de la aleta de transferencia de calor en círculo B-B en la **FIG. 8**.

La **FIG. 12** es una sección transversal a través de la línea C-C en la **FIG. 11**.

Las **FIGS. 13 a 16** son diferentes vistas de una fundición de transición inferior. La **FIG. 13** es una vista en perspectiva. La **FIG. 14** es una vista frontal. La **FIG. 15** es una vista de arriba y la **FIG. 16** es una vista de abajo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se puede obtener una comprensión más completa de los procesos y aparatos revelados en la presente por referencia a los dibujos adjuntos. Estas figuras son representaciones meramente esquemáticas por conveniencia y la facilidad de demostrar la técnica existente y/o el presente desarrollo y, en consecuencia, no pretenden indicar el tamaño relativo y las dimensiones de las agrupaciones o sus componentes.

25 A pesar de que se usan términos específicos en la

siguiente descripción con fines de claridad, estos términos pretenden referirse sólo a la estructura particular de las formas de realización seleccionadas para ilustración en los dibujos y no pretenden definir o limitar el alcance de la descripción. En los dibujos y la siguiente descripción que sigue, se ha de entender que iguales designaciones numéricas se refieren a componentes de igual función.

El modificador "aproximadamente" usado en conexión con una calidad incluye el valor establecido y tiene el significado dictaminado por el contexto (por ejemplo, incluye al menos el grado de error asociado con la medición de la cantidad particular). Cuando se usa con un valor específico, también se debe considerar como revelador de este valor. Por ejemplo, la expresión "aproximadamente 2" también revela el valor "2" y el rango "de aproximadamente 2 a aproximadamente 4" también revela el rango "de 2 a 4".

Se ha de notar que muchos de los términos usados en la presente son términos relativos. Por ejemplo, los términos "entrada" y "salida" son relativos de una dirección de flujo y no se han de interpretarse como que requieren una orientación o ubicación particular de la estructura. Las expresiones "corriente arriba" y "corriente abajo" se refieren a la dirección en la que un fluido fluye a través de varios componentes, es decir, el fluido fluye a través de un componente corriente arriba antes de fluir a través del

componente corriente abajo. Se ha de notar que en un bucle, un primer componente se puede describir tanto como corriente arriba como corriente abajo de un segundo componente. De modo similar, los términos "superior" e "inferior" se refieren uno
5 respecto del otro a la ubicación, es decir, un componente superior está ubicado en una elevación más alta que un componente inferior.

Los términos "horizontal" y "vertical" se usan para indicar la dirección respecto a una referencia absoluta, es
10 decir, el nivel del suelo. Sin embargo, no debería interpretarse que estos términos requieren estructuras que sean absolutamente paralelas o absolutamente perpendiculares entre sí. Por ejemplo, una primera estructura vertical y una segunda estructura vertical no son necesariamente paralelas
15 entre sí.

Los términos "arriba" y "abajo" o los términos "techo" y "piso" se usan para referirse a ubicaciones/superficies en las que la parte superior/techo siempre está más alta que la parte inferior/piso respecto de
20 una referencia absoluta, es decir, la superficie de la Tierra. Las expresiones "hacia arriba" y "hacia abajo" también se refieren a una referencia absoluta; un flujo hacia arriba siempre está contra la gravedad de la Tierra.

La expresión "plano" se usa en la presente para
25 referirse en general a un nivel común y debe interpretarse

como referencia a un volumen, no a una superficie plana.

Un fluido a una temperatura que está por encima de su temperatura de saturación a una presión dada se considera "supercalentado". La temperatura de un fluido supercalentado se puede reducir (es decir, energía de transferencia) sin cambiar la fase del fluido. Como se usa en la presente, la expresión "vapor húmedo" se refiere a una mezcla saturada de vapor/agua (es decir, vapor con menos del 100% de calidad donde la calidad es el contenido de vapor en porcentaje en masa). Las expresiones "vapor húmedo" y "agua" se pueden usar indistintamente para describir cualquier mezcla de vapor/agua que contiene del 0% a aproximadamente el 80% de vapor (es decir, 20% al 100% de agua). Como se usa en la presente, la expresión "vapor seco" se refiere a vapor que tiene una calidad igual o de aproximadamente el 100% (es decir, no hay agua líquida presente).

Los términos "caños" y "tubos" se usan indistintamente en la presente para referirse a una forma cilíndrica hueca, como se entiende comúnmente.

La expresión "circulación natural", como se usa en la presente, se refiere a la circulación de agua a través de la caldera debido a diferencias en la densidad cuando el agua se calienta. La circulación del agua se puede producir sin la necesidad de una bomba mecánica.

En la medida en que las explicaciones de cierta

terminología o principios de la técnica de calderas y/o generadores de vapor puedan ser necesarias para comprender la presente descripción, el lector se refiere a *Steam/its generation and use*, 42da edición, publicado por G.L. Tomei, Copyright 2015, The Babcock & Wilcox Company, ISBN 978-0-9634570-2-8, cuyo texto se incorpora en la presente por referencia como si se estableciera aquí por completo.

En una pequeña caldera que usa sólo paredes de horno enfriadas con agua, es difícil o imposible lograr temperaturas de salida del supercalentador y recalentador a 1050 °F para 150-300 MW de generación de energía neta, porque no es posible proporcionar suficiente área superficial de supercalentador / recalentador para la transferencia de calor al vapor seco para obtener estas altas temperaturas.

Una posible alternativa consiste en emplear un diseño de caldera de un paso sin tambor, como un diseño de calderas Babcock & Wilcox Universal Pressure. Sin embargo, estos diseños emplean generación de vapor de un paso. En un diseño de un paso, el punto de transición del vapor húmedo a vapor supercalentado depende de condiciones operativas, más que el definido usando un separador de vapor (por ejemplo, un tambor de vapor). Como resultado, se usa típicamente una tubería más cara para todas las cañerías / tuberías en tales diseños de un paso para seguridad. Esto da como resultado mayores costos de capital.

En el diseño de calderas subcríticas de la presente descripción, el horno se divide en dos secciones: un horno inferior usando paredes de membrana enfriadas con agua que alimenta un separador de vapor y un horno superior usando
5 paredes de membrana enfriadas con vapor que se alimenta (directa o indirectamente) por la salida de vapor seco del separador de vapor. Este método permite ventajosamente usar acero al carbón de menor costo para las paredes del horno inferior, usando tuberías más caras sólo en el horno superior
10 enfriado con vapor (que incluye las paredes de vías de convección en algunas formas de realización). Se reduce el costo reteniendo el separador de vapor, Se puede obtener una mayor temperatura de salida de vapor porque el uso de un horno superior enfriado con vapor y paredes de paso de
15 convección proporciona un área superficial adicional para la transferencia de calor de los gases de combustión al vapor seco dentro de las paredes enfriadas por vapor, dando como resultado vapor supercalentado de temperaturas deseadas. Nuevamente, estas altas temperaturas de vapor supercalentado
20 no se pueden obtener con paredes convencionales enfriadas con agua en el horno superior.

En algunas formas de realización, se logra una mayor mejora en tal diseño reduciendo la sección transversal del horno superior enfriado con vapor en comparación con el
25 horno inferior enfriado con agua. Esto aumenta la velocidad

del flujo de gas de combustión en el horno superior enfriado con vapor en comparación con el horno inferior enfriado con agua, que proporciona una transferencia de calor más eficaz en la vía de gas de alta temperatura y también reduce la cantidad de materiales y costo de fabricación.

En diseños de calderas radiantes de tipo Carolina, el paso de convección se separa del horno por un paso de convección horizontal cuyo longitud horizontal crea un espacio entre el horno y el paso de convección. Como resultado, en el diseño de caldera radiante de tipo Carolina, el horno incluye una pared trasera y el paso de convección incluye una pared frontal. En un diseño plegado, estas dos paredes se combinan en una pared. En la presente descripción, se usa una pared de membrana común enfriada con vapor para separar el horno superior de paso superior y el paso de convección adyacente. Esto elimina el paso abierto entre el horno y el paso de convección, proporcionando una caldera compacta y reduce la cantidad de materiales y costo de fabricación.

Estos beneficios establecidos con anterioridad se logran al reemplazar el horno convencional enfriado con agua con un diseño de dos partes en donde el horno superior se enfría con vapor. Sin embargo, tal modificación tiene ciertas desventajas potenciales. El costo de material general se incrementa debido a aleaciones de mayor costo usadas en el

horno superior, pero esto se puede mitigar por enfoques revelados en la presente (por ejemplo, sección transversal de horno superior reducido, empleando una pared enfriada con vapor común entre el horno y el paso de convección). Otra

5 desventaja potencial es una complicación estructural para la disposición preferida soportada en la parte superior. Esto surge potencialmente porque los tubos del horno inferior son preferentemente de acero al carbono para reducir costos, mientras que los caños del horno superior son aleaciones de

10 mayor costo para la compatibilidad con enfriamiento con vapor. Esta dificultad también se halla en algunos hornos supercríticos de un solo paso que emplean caños de acero al carbono en una sección de horno inferior para reducir costos. Un ejemplo de tal diseño es la caldera Babcock & Wilcox

15 Spiral Wound Universal Pressure (SWUP). En el diseño de caldera supercrítica de un solo paso SWUP, la porción del horno inferior enfriado con agua es soportada desde arriba por medio de componentes de soporte del horno inferior dedicados que se conectan con el soporte de la caldera

20 superior a través de una dispositivo de varillas de sujeción verticales y/o conexiones con los caños enfriados con agua del horno superior. La disposición resultante se complica porque el horno inferior debe ser asegurado al instalar sus componentes de soporte, seguido por realización de una

25 soldadura de caños.

Este enfoque que emplea componentes de soporte de horno inferior exclusivos también se puede usar en diseño de calderas subcríticas con un horno superior enfriado con vapor y horno inferior enfriado con agua, como se revela en la presente. Sin embargo, en algunas formas de realización reveladas en la presente, estas fundiciones de soportes dedicadas y operaciones concomitantes de soldadura de caños compleja eliminadas y en su lugar, se emplea una sección de transición con tuberías de transición integrales. La sección de transición contiene tanto caños de agua como caños de vapor y proporciona una ubicación en la que estos caños se pueden tender hasta los cabezales. En la sección de transición, al menos algunos caños de transición se diseñan para ser caños orientados de forma vertical y se logra un soporte de horno inferior por soporte de tracción por medio de soldaduras en estos caños de transición orientados verticalmente. La sección de transición se puede hacer de un material de acero de aleación alta que es compatible con enfriamiento con vapor - por ende, se sobrediseña para los caños de transición enfriados con agua, pero la capacidad de mantener el soporte superior para el horno inferior excede el costo adicional implicado por el sobrediseño de estos caños de transición enfriados con agua relativamente cortos. La sección de transición también actúa como un sello a presión entre el horno y la atmósfera.

Algunas formas de realización ilustrativas de estas calderas subcríticas se muestran en diagramas y se describen más abajo. Estas son meramente ejemplos ilustrativos y una forma de realización dada puede incluir una, dos, varias o
5 todas las nuevas características reveladas descritas en la presente.

La **FIG. 1** y la **FIG. 2** muestran diferentes vistas de una caldera de circulación natural subcrítica ilustrativa de la presente descripción. La **FIG. 1** es una vista de sección
10 lateral de toda la caldera. La **FIG. 2** es una vista superior (en planta) que pasa a través del horno superior de la caldera.

Con referencia a la **FIG. 1**, en un diagrama, se muestra una caldera subcrítica **10**. La caldera **10** incluye un
15 horno inferior **12** que se enfría con agua, un horno superior **14** que se enfría con vapor y una sección transicional **16** que se forma en formas de realización preferidas a partir de una fundición de transición de una pieza. La caldera ilustrativa **10** es un diseño de caldera plegado que también incluye un
20 paso de convección **18** que se conecta con el horno superior **14** para formar lo que se considera un paso horizontal **20**. Las paredes del horno inferior **12**, la sección transicional **16**, el horno superior **14** y el paso de convección **18** definen colectivamente la caldera.

25 La combustión / el gas de combustión **22** se indican

en un diagrama por medio de flechas y estos gases fluyen a través de la caldera y calientan el agua / vapor en las diversas paredes de la caldera. Más específicamente, el aire de combustión se sopla dentro del horno inferior **12** a través de una entrada de aire **24**, donde se mezcla con un combustible como carbón, petróleo o gas natural. En algunas formas de realización preferidas, el combustible es carbón, que se pulveriza por medio de un pulverizador (no mostrado). Una pluralidad de quemadores **26** queda la mezcla de combustible/aire, dando como resultado un gas de combustión. El gas de combustión sube por convección natural a través de un paso superior formado por el horno inferior **12**, la sección de transición **16** y el horno superior **14**, luego fluye horizontalmente a través del paso de convección, que incluye el paso de convección **18** y finalmente sale a través de una salida de gas de combustión **28** para ulterior procesamiento corriente abajo. Con preferencia, se proporciona una tolva **33** para capturar ceniza u otros contaminantes en el gas de combustión saliente.

La caldera subcrítica **10** es soportada desde arriba para la estructura de construcción por medio de puntos de anclaje superiores apropiados **30**. Se indican en un diagrama en la **FIG. 1**. Los caños del horno superior **14** y el paso de convección **18** se orientan verticalmente y se soportan directamente de los puntos de anclaje **30**. Los caños del horno

inferior **12** también se orientan verticalmente y se soportan directamente por medio de soldaduras en la sección de transición **16**.

Es deseable capturar la energía térmica presente en la combustión / el gas de combustión **22** para tareas tales como conducción de turbina una generación de energía eléctrica (por ejemplo). Para hacer esto, la caldera subcrítica **10** incluye enfriamiento de superficies que comprenden caños o tubos a través de flujos de vapor húmedo (estos caños o tubos se mencionan en la presente como enfriados con agua) o a través de flujos de vapor supercalentado (estos caños o tubos se mencionan en la presente como enfriados con vapor). Más en particular, con referencia al inserto A de la **FIG. 1**, el horno inferior **12** incluye tubos enfriados con agua **32** con membrana **34** dispuestos y soldados con los tubos **32**, de modo que los tubos **32** y la membrana **34** forman colectivamente una pared de membrana **36**, con los tubos **32** que llevan el flujo de vapor húmedo a través de la pared de membrana **36**. La pared de membrana **36** forma la barrera que contiene el gas de combustión **22**, es decir, la membrana **34** se suelda o si no se conecta con los tubos **32** para proporcionar un sello contra fuga del gas de combustión **22**. La pared de membrana enfriada con agua **36** del horno inferior **12** no denota temperaturas del agua muy elevadas; por ejemplo, si la caldera subcrítica **10**

se diseña para una presión de vapor máxima de 2800 psig, entonces el vapor saturado llevado por los tubos enfriados con agua **32** está a aproximadamente 685 °F (correspondiente al punto de ebullición del agua a 2800 psig), a pesar de que, de hecho, el gas de combustión está a una temperatura mucho mayor.

El horno superior **14** y el paso de convección **18** se hacen análogamente de una pared de membrana enfriada con vapor **46** que comprende tubos enfriados con vapor **42** con membrana **44** dispuesto y soldado o conectado de otro modo con los tubos **42** (ver el inserto B de la **FIG. 1**), donde los tubos **42** y la membrana **44** forman colectivamente la pared de membrana **46**. Los tubos **42** llevan un flujo de vapor supercalentado a través de la pared de membrana **46**. La pared de membrana enfriada con vapor **46** lleva vapor a una temperatura del vapor sustancialmente mayor que la pared de membrana enfriada con agua **36**. Por ejemplo, el vapor en las paredes de membrana enfriadas con vapor **46** puede estar a una temperatura de más de 1000 °F, por ejemplo, de hasta 1100 °F en algunas formas de realización contempladas. Se ha de notar que el techo **35** del horno y el paso de convección también se hacen de una pared de membrana enfriada con vapor. También se ha de notar que el diámetro de los tubos y el espaciado entre los tubos de las paredes de membrana enfriadas con vapor pueden diferir entre el horno superior y el paso de

convección.

Los tubos **32** de la pared de membrana enfriada con agua generalmente tienen un mayor diámetro que los tubos **42** de la pared de membrana enfriada con vapor. En formas de
5 realización particulares, el diámetro interno de los tubos enfriados con agua es al menos 0,5 pulgadas mayor que el diámetro interno de los tubos enfriados con vapor. Los tubos de la pared de membrana enfriada con agua tienen un diámetro interno de aproximadamente 1,5 pulgadas a aproximadamente 2,0
10 pulgadas, mientras que los tubos de la pared de membrana enfriada con vapor tienen un diámetro interno de aproximadamente 1,0 pulgada a aproximadamente 2,5 pulgadas. Los tubos de la pared de membrana enfriada con agua tienen un diámetro externo de aproximadamente 2,0 pulgadas a
15 aproximadamente 2,5 pulgadas, mientras que los tubos de la pared de membrana enfriada con vapor tienen un diámetro externo de aproximadamente 1,3 pulgadas a aproximadamente 2,3 pulgadas. Los tubos propiamente dichos pueden tener un espesor de aproximadamente 0,2 pulgadas a aproximadamente 0,5
20 pulgadas.

En un circuito de flujo de vapor típico para la caldera subcrítica 10, el agua se ingresa en los extremos inferiores de los tubos enfriados con agua 32 a través de una cabeza de entrada inferior 50. Cuando el agua va hacia arriba
25 a través de estos tubos enfriados con agua 32, el agua enfría

los tubos expuestos a gas de combustión a alta temperatura en el horno inferior 12 y absorbe energía del gas de combustión para volverse una mezcla de vapor-agua (es decir, vapor húmedo) a presión subcrítica.

5 El vapor húmedo sale de los extremos superiores de los tubos enfriados con agua **32** y fluye por medio de una cabeza de salida de vapor húmedo **52** en una entrada **53** de un separador de vapor **54**. La cabeza de salida del vapor húmedo **52** se suelda preferentemente con caños de transición
10 enfriados con agua dentro de la sección de transición 16. Con preferencia, la cabeza de salida de vapor húmedo **52** facilita la ventilación de los tubos **32**, de ser apropiado, durante la puesta en marcha, la detención o mantenimiento, etc. Se puede usar cualquier tipo de separador de vapor, por ejemplo,
15 empleando separación ciclónica, etc. En formas de realización particulares, se usa un separador de vapor vertical, tal como el que se describe en la patente estadounidense N° 6.336.429. Una salida de vapor seco **56** del separador de vapor **54** en un extremo superior del separador de vapor produce
20 sustancialmente vapor seco (es decir, vapor con 100% de calidad). Un drenaje o salida de agua **58** cerca del extremo inferior del separador de vapor **54** recolecta agua extraída del vapor húmedo para volver a reciclar la cabeza de entrada inferior **50** que alimenta el horno inferior **12**.

25 La salida de vapor de la salida de vapor seco **56**

fluye al paso de convección **18** y luego al horno superior **14**. Para proporcionar una superficie adicional para transferencia de calor, uno o varios supercalentadores primarios **60**, recalentadores **62** y/o supercalentadores secundarios **64** se pueden proporcionar en el volumen interior de la caldera, dentro del horno superior **14** y el paso de convección **18**. Como se ilustra aquí, uno o varios supercalentadores **60** dispuestos en el paso de convección **18**; uno o varios recalentadores (o supercalentadores de recalentamiento) **62** se disponen en el paso de convección **18** y/o en el horno superior **14**; y uno o varios supercalentadores secundarios **64** se disponen en el horno superior **14**. Nuevamente, las paredes del horno enfriadas con vapor **46** del horno superior **14** también actúan como superficies supercalentadoras. Un circuito de vapor ilustrativo más detallado se describe en los dibujos posteriores. Se ha de entender que el circuito de vapor ilustrativo es meramente un ejemplo y se contemplan otras configuraciones de circuitos de vapor, por ejemplo, se pueden omitir y/o se pueden ubicar en otra parte varios componentes supercalentadores, etc.

A diferencia de las paredes de membrana **46** del horno superior enfriado con vapor **14** y el paso de convección **18**, los supercalentadores **60**, **62**, **64** ubicados dentro de la caldera se forman a partir de caños / tubos sueltos **72** sin que las membranas unan los tubos (ver el Inserto C de la **FIG.**

1). Estos supercalentadores **60, 62, 64** se disponen en el interior de la caldera de combustible y permiten deseablemente que el gas de combustión pase a través, incrementando el área superficial, a través de lo cual se puede producir la transferencia de calor desde el gas de combustión hasta el vapor dentro de los caños. Los caños supercalentadores **72** se hacen preferentemente de un material de acero de aleación. En algunas formas de realización, los caños supercalentadores **72** y la pared de membrana enfriada con vapor **46** se hacen del mismo material de acero de aleación, a pesar de que esto no se requiera.

Como se ve en la **FIG. 1**, los supercalentadores **60, 62, 64** están rodeados por las paredes de membrana enfriadas con vapor **46**. Dicho de otro modo, los supercalentadores **60, 62, 64** están contenidos dentro del horno superior **14** y/o en el paso de convección **18** como se muestra en la caldera ilustrativa **10** de la **FIG. 1**. El vapor dentro de las paredes de membrana enfriadas con vapor **46** pueden estar a la misma temperatura o una temperatura mayor que en los supercalentadores **60, 62, 64**. Debido al área superficial adicional disponible para la transferencia de calor del gas de combustión al vapor supercalentado dentro de las diversas superficies de supercalentamiento **46, 60, 62, 64**, la caldera **10** puede lograr mayores temperaturas de vapor supercalentado que lo que se lograría con una caldera subcrítica enfriada

con agua convencional cuyas paredes del horno están enteramente enfriadas por vapor húmedo que fluye a través de los caños enfriados con agua. Sin embargo, la caldera subcrítica **10** retiene el diseño general de una caldera subcrítica, que incluye el empleo del separador de vapor **54** dispuesto (en un sentido de flujo de vapor) entre el subcircuito de vapor húmedo y el subcircuito de vapor supercalentado, reteniendo así las ventajas tales como la flexibilidad operacional de un diseño de caldera subcrítica.

La caldera subcrítica **10** ilustrativa emplea ciertas características que mejoran el carácter compacto y la eficacia. Una característica es un área transversal reducida para la combustión / flujo de gas de combustión **22** a través del horno superior **14** en comparación con el horno inferior **12**. El área transversal mencionada es la sección transversal horizontal en el diseño ilustrativo en donde el gas de combustión **22** fluye verticalmente hacia arriba. En la caldera **10** ilustrativa, la reducción en el área transversal del horno superior **14** respecto del horno inferior **12** se obtiene por medio de una superficie de "arco" **76**, que se inclina cuando el horno superior continúa hacia arriba desde la sección de transición **16**, para reducir la turbulencia en la transición a mayor velocidad de flujo. Esto tiene al menos dos beneficios. Primero, el área transversal reducida del horno superior **14** reduce la cantidad de material (por ejemplo, el área

superficial total de pared de membrana **46**) que reduce el costo de capital. En segundo lugar, la mayor velocidad del flujo de gas de combustión **22** debido al área transversal reducida aumenta la eficacia de transferencia de calor a los
5 caños enfriados con vapor **42, 72**. La sección de transición **16** está ubicada por debajo del arco **76**. El arco **76** es parte del horno superior y también es una pared de membrana enfriada con vapor.

La **FIG. 2** es una vista en planta transversal (de
10 arriba) de la caldera **10** a través del horno superior **14** y proporciona otra vista de los diversos componentes. La pared frontal **110** del horno superior se muestra en línea continua, porque es la pared frontal **112** del horno inferior. El área entre estas dos paredes es el arco **76**. El horno superior
15 incluye una primera pared lateral **114** y una segunda pared lateral **116** opuesta a la primera pared lateral, ambas hechas de paredes de membrana enfriadas con vapor **42**. El cuarto lado del horno superior se define por una pared de membrana enfriada con vapor común **80**. El paso de convección se define
20 por una primera pared lateral **124**, una segunda pared lateral **126** opuesta a la primera pared lateral y una pared trasera **128**. Una pared deflectora **130** divide el paso de convección en un paso de convección frontal **17** y un paso de convección trasero **19**. Un supercalentador primario **60** se ve en el paso
25 de convección trasero **19**, mientras que un recalentador **62** se

ve en el paso de convección frontal **17** y un supercalentador secundario **64** se ve dentro del horno superior **14**.

Otra característica que mejora el carácter compacto y la eficacia de este diseño de caldera es el uso de una pared de membrana enfriada con vapor común **80**. La pared de membrana enfriada con vapor común **80** es tanto una pared "trasera" del horno superior **14** como una pared "frontal" del paso de convección **18**. El horno superior **14** y el paso de convección **18** comparten así la pared de membrana enfriada con vapor común **80**, que comprende una capa simple de tubos sellados por una capa simple de membrana dispuesta y conectada con la capa simple de caños. El uso de la pared de membrana enfriada con vapor común **80** tiene numerosas ventajas. El paso abierto usual entre el horno y el paso de convección se elimina, proporcionando un diseño más compacto y reduciendo los costos de capital debidos a una menor área superficial. La pared de membrana enfriada con vapor común **80** se calienta ventajosamente tanto por gas de combustión que fluye hacia arriba a través del horno superior **14** como por gas de combustión que fluye hacia abajo a través del paso de convección **18**.

Un problema con el empleo de la pared de membrana enfriada con vapor común **80** es la amplia variación de temperatura entre el gas de combustión temperatura en el horno superior **14**, por un lado, y el gas de combustión

temperatura en el paso de convección **18**, por el otro. Esta diferencia entre las dos temperaturas de gas de combustión será sentida por la pared de membrana enfriada con vapor común **80**. Usando modelación transitoria y análisis finito de

5 elementos para determinar el estrés resultante en las paredes de la caldera, se halló que la máxima diferencia de estrés térmico se produce durante la puesta en marcha y más en particular, se produce en un área pequeña alrededor de la parte inferior de la pared de membrana enfriada con vapor

10 común **80** de las paredes adyacentes **114**, **124** en un lado, y paredes **116**, **126** en el otro. Intuitivamente, esto se puede entender dado que esta parte más inferior de la pared de membrana enfriada con vapor común **80** es donde hay la mayor diferencia de temperatura entre el flujo de gas de combustión

15 hacia arriba en el horno superior **14** y el flujo de gas de combustión hacia abajo en el paso de convección **18**. Este estrés puede causar la curvatura / desgaste de la caldera y se acomoda proporcionando sellos en la unión de la parte inferior de la pared de membrana enfriada con vapor común **80**,

20 las paredes laterales del horno **114**, **116** y las paredes laterales del paso de convección **124**, **126**, ya que el análisis mostró que el área sobreestresada no se extiende significativamente hasta la pared de membrana enfriada con vapor común **80**. Estos sellos se ilustran en la **FIG. 2** con el

25 número de referencia **132**.

Se ha de notar que las distintas mejoras reveladas en la presente se pueden usar para sacar ventaja individualmente o en varias combinaciones y/o en varios tipos de calderas. Por ejemplo, la pared de membrana enfriada con vapor común **80** revelada también se puede usar para sacar ventaja de un diseño de caldera de un paso que tiene un paso de convección u otros tipos de calderas que tienen dos paredes de membrana lindantes enfriadas con vapor.

Haciendo referencia ahora a las **FIGS. 2-4**, se describe un circuito enfriado con vapor ilustrativo que se puede usar en la caldera **10** de la **FIG. 1**. La **FIG. 3** muestra una vista de sección lateral del horno superior **14**, el paso de convección **18** y el paso horizontal **20** que los conecta. Además se muestra con mayor detalle representaciones de los supercalentadores primarios **60**, recalentadores **62** y supercalentadores secundarios **64**. En la **FIG. 3** y la **FIG. 4**, los supercalentadores primarios **60** se marcan usando el prefijo "PSH"; los recalentadores (es decir, los supercalentadores de recalentamiento) se marcan usando el prefijo "RSH"; y los supercalentadores secundarios se marcan usando el prefijo "SSH". Adicionalmente, se muestran economizadores, indicados por el prefijo "ECON". Las cabezas de entrada se indican por el sufijo "IN" mientras que las cabezas de salida se indican por el sufijo "OUT".

Como se muestra en la **FIG. 3**, hay cuatro

supercalentadores primarios dispuestos en el paso de convección trasero **19**. Tres de ellos emplean tubos horizontales y de la más baja a la más alta elevación se indican como PSH1, PSH2 y PSH3. El cuarto supercalentador primario PSH4 está en la máxima elevación y emplea caños verticales. El flujo a través de los supercalentadores primarios está en orden secuencial por número, hacia arriba a través del paso de convección y el vapor supercalentado sale en la cabeza PSH OUT en el techo de la caldera.

10 Cuatro recalentadores RSH1, RSH2, RSH3 y RSH4 también se emplean. Tres de ellos (RSH1, RSH2 y RSH3) se disponen en el paso de convección frontal **17**, mientras que el cuarto recalentador RSH4 se dispone cerca de la parte superior del horno superior **14**. La tubería transversal
15 marcada con RSH XOVER transporta vapor de RSH3 en el paso de convección **18** a RSH4 en el horno superior **14**. El flujo de vapor va de una cabeza de entrada inferior RSH IN, a través de los recalentadores en orden secuencial, a una cabeza de salida RSH OUT mostrada en la izquierda del horno superior **14**
20 en la **FIG. 3**.

 Cuatro supercalentadores secundarios SSH1, SSH2, SSH3 y SSH4 se disponen en el horno superior **14** por debajo del cuarto recalentador RSH4. Los flujos de vapor supercalentados de la cabeza PSH OUT a la cabeza SSH IN
25 mostrada a la izquierda del horno superior **14**, luego hacia

arriba sucesivamente a través de SSH1, SSH2, SSH3 y SSH4 y a la cabeza SSH OUT nuevamente mostrada a la izquierda del horno superior 14 por encima de la cabeza SSH IN.

El circuito enfriado con vapor también incluye
5 largueros supercalentadores denotados como SH STRINGER en la **FIG. 3**, que son alimentados de cabezas SH STRINGER IN en la parte superior del horno superior y luego fluyen a la cabeza de salida SH STRINGER OUT. Estos largueros soportan los supercalentadores secundarios. De modo similar, los largueros
10 recalentadores son visibles, que soportan los recalentadores en el paso de convección frontal.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 4**, se muestra una ilustración más detallada de los componentes que forman el circuito enfriado con vapor y sus interconexiones. El
15 circuito enfriado con vapor comienza a la salida de vapor seco **56** del separador de vapor **54**. Yendo corriente abajo desde el separador de vapor, el vapor seco que corre corriente abajo fluye primero desde la salida de vapor seco **56** a través del techo **90** de la caldera **10**. El vapor seco
20 también fluye hacia debajo de la pared trasera **128** del paso de convección **18**. El vapor seco que fluía hacia debajo de la pared trasera **128** fluye luego hasta las paredes laterales del paso de convección **124**, **126** y los soportes del larguero del recalentador **91** y luego hacia la pared deflectora superior.
25 El vapor seco del techo **90** de la caldera fluye hasta la pared

deflectora inferior.

Las dos corrientes de vapor supercalentado seco de la pared deflectora superior y la pared deflectora inferior se combinan luego y fluyen a los supercalentadores primarios

5 **60** (es decir PSH1, PSH2, PSH3, PSH4 en la FIG. 3). Observar que el vapor supercalentado pasa a través de todos los cuatro supercalentadores primarios; el vapor no se divide, de modo tal que sólo una porción fluya a través de cada supercalentador primario. El vapor supercalentado va hacia

10 arriba a la cabeza PSH OUT (ver la **FIG. 3**). El vapor supercalentado va luego hacia abajo a través de los largueros supercalentadores (marcados SH STRINGER) en el horno superior. Desde allí, el vapor supercalentado va hacia arriba a través de la pared frontal del horno superior **110** y la

15 pared de membrana enfriada con vapor común **80** (que actúa como la pared trasera del horno superior). El vapor supercalentado va luego hacia arriba a través de las paredes laterales del horno superior **114**, **116**. A continuación, el vapor supercalentado va hacia arriba a través de los

20 supercalentadores secundarios **64**. Nuevamente, el vapor supercalentado pasa a través de todos los cuatro supercalentadores secundarios (SSH1, SSH2, SSH3 y SSH4). Después de pasar a través de los supercalentadores secundarios, el vapor supercalentado tiene una presión de

25 2000 psig o más y, en algunos casos, 2500 psig o más, como

aproximadamente 2600 psig. El vapor supercalentado también tiene una temperatura de 1000 °F o más, como de aproximadamente 1050 °F. El vapor supercalentado se envía luego a una turbina de alta presión **92**, donde la energía
5 térmica se usa para generación de energía eléctrica. El vapor supercalentado pierde tanto temperatura como presión dentro de la turbina de alta presión **92**. El rendimiento de la turbina de alta presión se envía luego de regreso a la caldera **10** y se envía a través de los recalentadores **62**.
10 Después de pasar a través de los recalentadores, el vapor tiene una presión de 500 psig o más, como de aproximadamente 600 psig y también tiene una temperatura de 1000 °F o más, como de aproximadamente 1050 °F. Este vapor supercalentado se puede usar luego para hacer funcionar una turbina a baja
15 presión.

Volviendo a la **FIG. 4**, el agua regresa desde la turbina a baja presión. Esta agua pasa a través de un condensador (COND), una bomba de alimentación de la caldera (BFP) y un calentador de agua de alimentación (FWH) antes de
20 enviar al economizador (ECON) para absorber energía de calor residual del gas de combustión que sale del paso de convección. Desde allí, el agua calentada desde el economizador se envía al separador de vapor **54**. En el circuito enfriado con agua, el agua se envía desde el
25 separador de vapor hasta la cabeza de entrada del horno

inferior **50**, que alimenta las paredes de membrana enfriadas con agua del horno inferior **12**. El vapor húmedo se recolecta de la cabeza de salida del horno inferior **52** y se envía al separador de vapor **54** para la separación en agua y vapor seco.

El circuito enfriado con vapor de la **FIG. 3** y la **FIG. 4** es meramente un ejemplo ilustrativo y en otras formas de realización, la cantidad y las ubicaciones de los supercalentadores pueden ser diferentes, así como la disposición de las diversas paredes de membrana enfriadas con vapor y componentes supercalentadores en el circuito enfriado con vapor. El horno ilustrativo de la **FIG. 1** con el circuito de vapor enfriado con vapor ilustrativo de la **FIG. 3** y la **FIG. 4** se modeló usando software de modelación sólida 3D y se determinó a partir de su análisis para proporcionar mayor rendimiento que incluye una temperatura/presión del supercalentador de 1050 °F/2600 psig y una temperatura/presión del recalentador de 1050 °F/600 psig, para una caldera diseñada para proporcionar 150 MW a 300 MW de potencia neta.

Volviendo ahora a la **FIG. 1**, la sección de transición **16** conecta el horno inferior **12** con el horno superior **14**. Como se mencionó previamente, esto permite que el horno inferior sea soportado en la parte superior a través de la sección de transición y el horno superior. Se ha de

notar que la sección de transición es relativamente corta. La sección de transición es sólo de aproximadamente 4 pies de altura en total.

La **FIG. 5** es una vista en perspectiva ampliada de la caldera que muestra la sección de transición **16**. La sección de transición se conforma de fundiciones de transición superiores **200** y fundiciones de transición inferiores **300**. Como se explicará con mayor detalle más abajo en la presente, cada fundición de transición **200, 300** incluye tubos de vapor curvados y tubos de agua curvados. El vapor seco/vapor supercalentado fluye a través de los tubos de vapor curvados y agua o una mezcla de agua/vapor) fluye a través de los tubos de agua curvados. Como puede verse, esta disposición permite que drenen los tubos enfriados con vapor y que se ventilen los tubos enfriados con agua durante la puesta en marcha.

Los tubos de fundiciones de transición superiores **200** y fundiciones de transición inferiores **300** se unen de forma fluida entre sí a través de tubos de vapor rectos **1010** y tubos de agua rectos **1020** que se unen a través de la membrana **1040** para crear un sello a presión. Una cabeza de entrada de vapor **1200** está presente fuera los límites de la presión (es decir, en el exterior del horno) y está ubicada por debajo de la fundición de transición inferior **300**. Una cabeza de salida de agua **1100** también está ubicada fuera de

los límites de la presión y está ubicada por arriba de la fundición de transición superior **200**. El tubo enfriado con vapor **1012** conecta la fundición de transición superior **200** con la cabeza de entrada de vapor **1200**. El tubo enfriado con vapor **1014** conecta la fundición de transición inferior **300** con la cabeza de entrada de vapor **1200**. El tubo enfriado con agua **1022** conecta la fundición de transición superior **200** con la cabeza de salida de agua **1100**. El tubo enfriado con agua **1024** conecta la fundición de transición inferior **300** con la cabeza de salida de agua **1100**.

La **FIG. 6** es sólo una vista en perspectiva de la sección de transición **16**. La fundición de transición superior **200** y la fundición de transición inferior **300** son más fácilmente visibles aquí. Como puede verse aquí con más facilidad, los tubos de vapor rectos **1010** y los tubos de agua rectos **1020** se unen por medio de membrana **1040**. Yendo lateralmente, los tubos de vapor rectos **1010** alternan regularmente con los tubos de agua rectos **1020** (es decir, tubo de vapor, tubo de agua, tubo de vapor, tubo de agua, etc.). Sin embargo, los tubos de vapor rectos **1010** y los tubos de agua rectos **1020** también se disponen en diferentes planos, estando la membrana en ángulo para unir los tubos.

Las **FIGS. 7 a 10** son diferentes vistas de la fundición de transición superior **200**. La **FIG. 7** es una vista en perspectiva. La **FIG. 8** es una vista frontal. La **FIG. 9** es

una vista de arriba y la **FIG. 10** es una vista desde abajo. Los diversos componentes de la fundición de transición superior se describirán ahora más abajo. Estas figuras incluyen flechas que indican una primera dirección vertical

5 **201**, una segunda dirección vertical **203** opuesta a la primera dirección vertical, una primera dirección lateral **208** que es perpendicular a la primera dirección vertical **201** y una segunda dirección lateral **209** opuesta a la primera dirección lateral.

10 Haciendo referencia ahora a las **FIGS. 7-10**, la fundición de transición superior **200** se define ampliamente por un primer tubo de vapor **210**, un primer tubo de agua **220**, un primer tubo pasante **230** y membrana **240** que une estos tres tubos **210**, **220**, **230** para formar un sello a presión. El primer

15 tubo de vapor **210** tiene un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal **212** que apunta a la dirección hacia adelante (es decir hacia afuera del horno) y un extremo vertical **214** que apunta a una primera dirección vertical **201**, que en este caso también es una dirección vertical superior

20 **205**. El primer tubo de agua **220** tiene un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal **222** que también apunta a la dirección hacia adelante y un extremo vertical **224** que apunta a una segunda dirección vertical **203**. La segunda dirección vertical **203** es opuesta a aquella de la primera

25 dirección vertical **201** y en este caso también es una

dirección vertical inferior **207**. El primer tubo pasante **230** tiene un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical **232** que apunta a la primera dirección vertical **201** y un segundo extremo vertical **234** que apunta a la segunda dirección vertical **203**. Se observa que el primer tubo de vapor **210** y el primer tubo de agua **220** no atraviesa (es decir, se extiende después de) otros en el medio de la fundición de transición. Dicho de otra manera, el extremo frontal **212** del primer tubo de vapor está más cerca del extremo vertical **214** del primer tubo de vapor que el extremo frontal **222** del primer tubo de agua. Además, el extremo frontal **222** del primer tubo de agua está más cerca del extremo vertical **224** del primer tubo de agua que el extremo frontal **212** del primer tubo de vapor.

La fundición de transición superior **200** también puede tener tubos de vapor adicionales, tubos de agua y tubo pasantes. Aquí, la fundición de transición superior también tiene un segundo tubo de vapor **260**, un segundo tubo pasante **270** y un segundo tubo de agua **290**. El segundo tubo de vapor **260** también tiene un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal **262** que apunta a la dirección hacia adelante y un extremo vertical **264** que apunta a la primera dirección vertical **201**. El segundo tubo de agua **290** también tiene un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal **292** que también apunta a la dirección hacia adelante y un extremo

vertical **294** que apunta a una segunda dirección vertical **203**. El segundo tubo pasante **270** has un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical **272** que apunta a la primera dirección vertical **201** y un segundo extremo vertical

5 **274** que apunta a la segunda dirección vertical **203**. La membrana **242** une el primer tubo de vapor **210**, primer tubo de agua **220** y el segundo tubo pasante **270** para formar un sello a presión. La membrana **244** une el segundo tubo de vapor **260**, el segundo tubo de agua **290** y el segundo tubo pasante **270** para

10 formar un sello a presión.

Como se ve en particular en la **FIG. 8**, el primer tubo de vapor **210** y el primer tubo de agua **220** se ubican verticalmente uno respecto del otro (es decir, uno sobre el otro). El primer tubo de vapor **210** y el primer tubo de agua

15 **220** son ambos adyacentes a un lado común del primer tubo pasante **230** (es decir, la primera cara lateral). El primer tubo de vapor **210** y el primer tubo de agua **220** también se ubican entre el primer tubo pasante **230** y el segundo tubo pasante **270**.

20 El extremo frontal **212** del primer tubo de vapor **210** se desplaza lateralmente del extremo frontal **222** del primer tubo de agua **220**, es decir, el centro del primer tubo de vapor está desplazado hacia un lado del centro del primer tubo de agua. El extremo frontal **212** del primer tubo de vapor

25 **210** también está desplazado verticalmente del extremo frontal

222 del primer tubo de agua **220**, es decir, están a diferentes alturas. Respecto de sí mismo, el extremo frontal **212** del primer tubo de vapor **210** está desplazado lateralmente del extremo vertical **214** del primer tubo de vapor **210**, es decir, hacia un lado. Por el contrario, el extremo frontal **222** y el extremo vertical **224** del primer tubo de agua **220** están alineados verticalmente con el otro.

Como se ve en la **FIG. 8**, el primer tubo de vapor **210** tiene un diámetro de tubo de vapor **D1**. El primer tubo de agua **220** tiene un diámetro de tubo de agua **D2**. El primer tubo pasante **230** tiene un diámetro de tubo pasante **D3**. Según si el tubo pasante transporta agua o vapor, el diámetro de tubo pasante **D3** puede ser igual a **D1** o a **D2**. Aquí, el diámetro **D3** es igual a **D1**. En general, el diámetro de tubo de agua **D2** será mayor que el diámetro de tubo de vapor **D1**. Como se analizó previamente con anterioridad, en formas de realización particulares, el diámetro interno de los tubos de agua es al menos 0,5 pulgadas mayor que el diámetro interno de los tubos de vapor. Los tubos de agua tienen un diámetro interno de aproximadamente 1,5 pulgadas a aproximadamente 2,0 pulgadas, mientras que los tubos de vapor tienen un diámetro interno de aproximadamente 1,0 pulgada a aproximadamente 2,5 pulgadas. Los tubos de agua tienen un diámetro externo de aproximadamente 2,0 pulgadas a aproximadamente 2,5 pulgadas, mientras que los tubos de vapor tienen un diámetro externo de

aproximadamente 1,3 pulgadas a aproximadamente 2,3 pulgadas. Los tubos en sí pueden tener un espesor de aproximadamente 0,2 pulgadas a aproximadamente 0,5 pulgadas.

En la **FIG. 8**, se observa particularmente que los
5 primeros extremos verticales **232, 272** de los tubos pasantes **230, 270** están desplazados en la misma dirección lateral (es decir, en la segunda dirección lateral **209**) respecto de los segundos extremos verticales **234, 274**. También se ilustra en la **FIG. 7** y la **FIG. 8** una aleta de transferencia de calor
10 **250**, que se analizó después en la presente con mayor detalle.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 9**, que es una vista desde arriba, se marcan el primer tubo de vapor **210**, primer tubo de agua **220**, primer tubo pasante **230**, segundo tubo de vapor **260** y segundo tubo de agua **290** de la fundición
15 de transición superior **200**. Los extremos frontales de estos tubos **212, 222, 262, 292** también se marcan y se observa que los extremos frontales también terminan generalmente a la misma distancia desde la membrana **240**. La membrana **240** se alinea de forma vertical y se puede considerar un lado
20 trasero de la fundición. La aleta de transferencia de calor **250** también es visible y se analizará con mayor detalle más abajo en la presente.

El extremo vertical del primer tubo de vapor **214**, el extremo vertical del primer tubo pasante **232** y el extremo
25 vertical del segundo tubo de vapor **264** están todos marcados.

También está marcado el primer extremo vertical del el segundo tubo pasante **272**. Los centros de estos extremos verticales se marcan como **232c, 214c, 272c y 264c**, yendo lateralmente. Como se ve aquí, estos extremos verticales

5 tienen todos el mismo diámetro y los centros de estos extremos verticales se alinean todos en un primer plano **P1**, que es un plano vertical que también marca un lado trasero de la fundición. Dicho de otra manera, los centros de dos cualesquiera de estos extremos verticales definen una primera

10 línea **L1**. También se nota que los centros se separan de forma pareja uno de los otros.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 10**, que es una vista desde abajo, se marcan el primer tubo de vapor **210**, primer tubo de agua **220**, primer tubo pasante **230**, segundo

15 tubo de vapor **260** y segundo tubo de agua **290** de la fundición de transición superior **200**. Los extremos frontales de estos tubos **212, 222, 262, 292** también se marcan.

El extremo vertical del primer tubo de agua **224**, el segundo el extremo vertical del primer tubo pasante **234** y el

20 extremo vertical del segundo tubo de agua **294** se marcan todos. También se marca el segundo extremo vertical del segundo tubo pasante **274**. Los centros de estos extremos verticales se marcan como **234c, 224c, 274c y 294c**, yendo lateralmente. Como se ilustra aquí, para el extremo inferior

25 de la fundición de transición superior y contrariamente al de

la **FIG. 9**, los centros de los extremos verticales no se alinean todos en un plano común simple. Más bien, se alternan entre dos planos diferentes. Los centros de los tubos pasantes **234c**, **274c** se alinean en un plano **P1** que es

5 sustancialmente coincidente con el primer plano **P1** de la **FIG. 9**. Los centros de los tubos de agua **224c**, **294c** se alinean en un segundo plano diferente **P2** que se desplaza del primer plano **P1**. El centro **224c** del extremo vertical del primer tubo de agua **220** se desplaza del plano **P1** por una distancia que es

10 aproximadamente igual al radio del primer tubo de vapor **210**. Dicho de otra manera, el centro **224c** del extremo vertical del primer tubo de agua **220** y el centro **234c** del segundo extremo vertical del primer tubo pasante **230** define una segunda línea **L2**. La primera línea **L1** (ver la **FIG. 9**) y la segunda línea **L2**

15 forman un ángulo agudo. En formas de realización, el ángulo agudo formado por **L1** y **L2** tiene un valor de aproximadamente 15° a aproximadamente 25° .

Haciendo referencia aún a la **FIG. 10**, la membrana **240** es visible que une el primer tubo pasante **230** con el

20 primer tubo de agua **220**. La membrana **242** es visible que une el primer tubo de agua **220** con el segundo extremo vertical **274** del segundo tubo pasante. La membrana **244** es visible que une el segundo extremo vertical **274** del segundo tubo pasante con el segundo tubo de agua **290**. La membrana **240** se puede

25 considerar una línea (**L2**) que une el segundo el extremo

vertical del primer tubo pasante **234** con el extremo vertical del primer tubo de agua **224**. La membrana **242** se puede considerar una línea (**L3**) que une el extremo vertical del primer tubo de vapor **224** con el segundo extremo vertical del segundo tubo pasante **274**. Las líneas **L2** y **L3** forman un ángulo obtuso en su punto común (el extremo vertical del primer tubo de agua **224**). En formas de realización, el ángulo obtuso formado por **L2** y **L3** tiene un valor de aproximadamente 130° a aproximadamente 150° .

10 La **FIG. 11** es una vista frontal amplia del círculo A-A en la **FIG. 8**. Está presente en esta vista la pared de membrana **280**, segundo tubo de agua **290** y aleta de transferencia de calor **250**. Sin embargo, se observa que el siguiente análisis de la aleta de transferencia de calor se aplica generalmente a cualquier pared de membrana y tubo de agua. También es visible en la **FIG. 11** la línea C-C, que indica la sección transversal mostrada en la **FIG. 12**.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 12**, la aleta de transferencia de calor **250** pretende ayudar en la transferencia de calor desde la membrana **280** hasta el tubo de agua **290**, manteniendo así la temperatura de la membrana más abajo que sin la aleta. La aleta de transferencia de calor se extiende desde la membrana **280**. Un primer borde **252** de la aleta linda con la membrana **280** y un segundo borde **254** de la aleta linda con el tubo de agua **290**. El primer borde es

generalmente corto en comparación con el segundo borde. La aleta también se rebaja, como se representa por el número de referencia **251** (líneas de puntos que indican material removido de la aleta y no presente), que puede ayudar a proporcionar un espacio de soldadura adicional cerca del tubo de vapor de la fundición (no visible).

Las **FIGS. 13-16** son diferentes vistas de la fundición de transición inferior **300**. La **FIG. 13** es una vista en perspectiva. La **FIG. 14** es una vista frontal. La **FIG. 15** es una vista de arriba y la **FIG. 16** es una vista desde abajo. Los diversos componentes de la fundición de transición inferior se describirán ahora más abajo. Nuevamente, estas figuras incluyen flechas que indican una primera dirección vertical **201**, una segunda dirección vertical **203** opuesta a la primera dirección vertical, una primera dirección lateral **208** que es perpendicular a la primera dirección vertical **201** y una segunda dirección lateral **209** que es opuesta a la primera dirección lateral. Se observa que una aleta de transferencia de calor **250** no se representa en la fundición de transición inferior, pero de modo que pueda estar presente si se desea.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 13** y la **FIG. 14**, la fundición de transición superior **300** se define ampliamente por un primer tubo de vapor **310**, un primer tubo de agua **320**, un primer tubo pasante **330** y la membrana **340** que une estos tres tubos **310**, **320**, **330** para formar un sello a

presión. El primer tubo de vapor **310** tiene un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal **312** que apunta a la dirección hacia adelante (es decir hacia afuera del horno) y un extremo vertical **314** que apunta en primera dirección vertical **201** / dirección vertical superior **205**. El primer tubo de agua **320** tiene un pasaje de agua que se extiende entre un extremo frontal **322** que también apunta a la dirección hacia adelante y un extremo vertical **324** que apunta a la segunda dirección vertical **203** / dirección vertical inferior **207**. El primer tubo pasante **330** tiene un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical **332** que apunta a la primera dirección vertical **201** y un segundo extremo vertical **334** que apunta a la segunda dirección vertical **203**. Se observa que el primer tubo de vapor **310** y el primer tubo de agua **320** no atraviesan (es decir, se extienden más allá de) los otros en el medio de la fundición de transición. Dicho de otra manera, el extremo frontal **312** del primer tubo de vapor está más cerca del extremo vertical **314** del primer tubo de vapor que el extremo frontal **322** del primer tubo de agua. Además, el extremo frontal **322** del primer tubo de agua está más cerca del extremo vertical **324** del primer tubo de agua que el extremo frontal **312** del primer tubo de vapor.

La fundición de transición inferior **300** también puede tener tubos de vapor adicionales, tubos de agua y tubo

pasantes. Aquí, la fundición de transición inferior también tiene un segundo tubo de vapor **360** y un segundo tubo pasante **370**. El segundo tubo de vapor **360** también tiene un pasaje de vapor que se extiende entre un extremo frontal **362** que apunta
5 a la dirección hacia adelante y un extremo vertical **364** que apunta a la primera dirección vertical **201**. El segundo tubo pasante **370** tiene un conducto de fluido que se extiende entre un primer extremo vertical **372** que apunta a la primera dirección vertical **201** y un segundo extremo vertical **374** que
10 apunta a la segunda dirección vertical **203**. La membrana **342** une el primer tubo de vapor **310**, primer tubo de agua **320** y el segundo tubo pasante **370** para formar un sello a presión.

Como se ve en particular en la **FIG. 14**, el primer tubo de vapor **310** y el primer tubo de agua **320** se ubican
15 verticalmente uno respecto del otro (es decir, uno sobre otro). El primer tubo de vapor **310** y el primer tubo de agua **320** son ambos adyacentes a un lado común del primer tubo pasante **330** (es decir, la primera cara lateral). El primer tubo de vapor **310** y el primer tubo de agua **320** también se
20 ubican entre el primer tubo pasante **330** y el segundo tubo pasante **370**.

El extremo frontal **312** del primer tubo de vapor **310** está desplazado lateralmente del extremo frontal **322** del primer tubo de agua **320**, es decir, el centro del primer tubo
25 de vapor se desplaza a un lado del centro del primer tubo de

agua. El extremo frontal **312** del primer tubo de vapor **310** también está desplazado verticalmente del extremo frontal **322** del primer tubo de agua **320**, es decir, están a diferentes alturas. Respecto de sí mismo, el extremo frontal **322** del primer tubo de agua **320** está desplazado lateralmente del extremo vertical **324** del primer tubo de agua **320**, es decir, a un lado. Por el contrario, el extremo frontal **312** y el extremo vertical **314** del primer tubo de vapor **310** están alineados verticalmente con el otro.

10 Como se ve en la **FIG. 14**, el primer tubo de vapor **310** tiene un diámetro de tubo de vapor **D1**. El primer tubo de agua **320** tiene un diámetro de tubo de agua **D2**. El primer tubo pasante **330** tiene un diámetro de tubo pasante **D3**. Aquí, como el tubo pasante transporta agua, el diámetro de tubo pasante
15 **D3** es igual a **D2**.

 En la **FIG. 14**, particularmente se observa que los primeros extremos verticales **332, 372** de los tubos pasantes **330, 370** están desplazados en diferentes direcciones laterales respecto de sus segundos extremos verticales **334, 374**. Dicho de otra manera, los centros de los primeros extremos verticales **332, 372** del primer tubo pasante y el segundo tubo pasante están más cerca entre sí que los centros de los segundos extremos verticales del primer tubo pasante y el segundo tubo pasante **334, 374**.

25 La **FIG. 15** y la **FIG. 16** son una vista desde arriba

y una vista desde abajo, respectivamente, de la fundición de transición inferior. Se observa que la vista desde arriba de la fundición de transición inferior corresponde a la vista desde abajo de la fundición de transición superior (**FIG. 10**).

5 Así, analizaremos primero la vista desde abajo de la fundición de transición inferior.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 16**, que es una vista desde abajo para la fundición de transición inferior **300**, se marcan el primer tubo de vapor **310**, primer tubo de
10 agua **320** y segundo tubo de vapor **360** de la fundición de transición inferior **300**. Los extremos frontales de estos tubos **312**, **322**, **362** también se marcan y se observa que los extremos frontales terminan todos generalmente a la misma distancia de la membrana **340**. La membrana **340** se alinea de
15 forma vertical y se puede considerar un lado trasero de la fundición.

El extremo vertical del primer tubo de agua **324**, el segundo el extremo vertical del primer tubo pasante **334** y el segundo extremo vertical del segundo tubo pasante **374** están
20 todos marcados. Los centros de estos extremos verticales se marcan como **334c**, **324c** y **374c**, yendo lateralmente. Como se ve aquí, estos extremos verticales tienen todos el mismo diámetro y los centros de estos extremos verticales se alinean todos en un tercer plano **P3**, que es un plano vertical
25 que también marca un lado trasero de la fundición. Dicho de

otra manera, los centros de dos cualesquiera de estos extremos verticales definen una cuarta línea **L4**.

Haciendo referencia ahora a la **FIG. 15**, que es una vista desde arriba de la fundición de transición inferior, se marcan el primer tubo de vapor **310**, primer tubo de agua **320** y segundo tubo de vapor **360** de la fundición de transición inferior **300**. También se marcan los extremos frontales de estos tubos **312**, **322**, **362**.

El extremo vertical del segundo tubo de vapor **364**, el primer extremo vertical del primer tubo pasante **332**, el extremo vertical del primer tubo de vapor **314** y el primer extremo vertical del segundo tubo pasante **372** están todos marcados. Los centros de estos extremos verticales se marcan como **364c**, **332c**, **314c** y **372c**, yendo lateralmente. Como se ilustra aquí, para el extremo superior de la fundición de transición inferior y contrariamente al de la **FIG. 16**, los centros de los extremos verticales no están todos alineados en un plano común simple. Más bien, se alternan entre dos planos diferentes. Los centros de los tubos pasantes **332c**, **372c** se alinean en un plano **P3** que es sustancialmente coincidente con el tercer plano **P3** de la **FIG. 16**. Los centros de los tubos de vapor **364c**, **314c** se alinean en un cuarto plano diferente **P4** que se desplaza del tercer plano **P3**. El centro **314c** del extremo vertical del primer tubo de vapor **310** se desplaza del plano **P3** por una distancia que es

aproximadamente igual al radio del primer tubo de vapor **310**.
Dicho de otra manera, el centro **314c** del extremo vertical del
primer tubo de vapor **310** y el centro **332c** del primer extremo
vertical del primer tubo pasante **330** define una quinta línea
5 **L5**. La cuarta línea **L4** (ver la **FIG. 16**) y la quinta línea **L5**
forman un ángulo agudo. En formas de realización, el ángulo
agudo formado por **L4** y **L5** tiene un valor de aproximadamente
15° a aproximadamente 25°.

Haciendo referencia aún a la **FIG. 15**, la membrana
10 **340** es visible que une el primer tubo pasante **330** con el
primer tubo de vapor **310**. La membrana **342** es visible que une
el primer tubo de vapor **310** con el primer extremo vertical
372 del segundo tubo pasante. La membrana **340** se puede
considerar una línea (**L5**) que une el primer extremo vertical
15 del primer tubo pasante **332** con el extremo vertical del
primer tubo de vapor **314**. La membrana **342** se puede considerar
una línea (**L6**) que une el extremo vertical del primer tubo de
vapor **314** con el primer extremo vertical del segundo tubo
pasante **374**. Las líneas **L5** y **L6** forman un ángulo obtuso en su
20 punto común (extremo vertical del primer tubo de vapor **314**).
En formas de realización, el ángulo obtuso formado por **L5** y
L6 tiene un valor de aproximadamente 130° a aproximadamente
150°.

Las fundiciones de transición **200**, **300** se pueden
25 hacer por fundición que es un proceso en el que un metal

líquido se vierte en un molde y se solidifica como una pieza. Esto también permite hacer curvas en los distintos tubos en un radio mucho menor en comparación con tubos curvados normales. El menor radio permite un área de membrana más estrecha que produce menores temperaturas de membrana de metal y, por ello, vida útil más larga.

Las fundiciones de transición se hacen preferentemente con materiales que pueden acomodar las altas temperaturas necesarias para manipular el vapor supercalentado. Por ejemplo, se podía usar acero SA217C12a, SA217WC9 o SA217WC7 o SA217WC6. Las fundiciones se sueldan a los tubos de la pared del horno superior y del horno inferior y su uso permite el acceso para la soldadura de los diversos tubos y cabezas juntos.

La presente descripción se describió con referencia a las formas de realización de ejemplo. Obviamente, se producirán modificaciones y alteraciones después de leer un comprender la descripción detallada precedente. Se pretende que la presente descripción se interprete como inclusiva de todas estas modificaciones y alteraciones, siempre y cuando estén dentro del alcance de las reivindicaciones anexas o sus equivalentes.