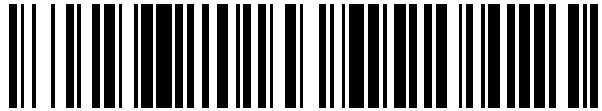


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 730**

51 Int. Cl.:

B28C 5/46

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2008 E 08742907 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2015 EP 2146830**

54 Título: **Método para elaborar hormigón asfáltico usando cemento asfáltico espumado**

30 Prioridad:

17.04.2007 US 925070 P
29.10.2007 US 978263

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.11.2015

73 Titular/es:

ASTEC, INC. (100.0%)
4101 Jerome Avenue
Chattanooga TN 37407, US

72 Inventor/es:

BROCK, DONALD J.;
VARNER, MIKE y
RENEGAR, GREG

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 549 730 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

MÉTODO PARA ELABORAR HORMIGÓN ASFÁLTICO USANDO CEMENTO ASFÁLTICO ESPUMADO**DESCRIPCIÓN****5 Campo de la invención**

Esta invención se refiere de manera general a un método y a un aparato para elaborar hormigón asfáltico. Según el método de la invención, se mezcla agua con cemento asfáltico y el cemento asfáltico espumado resultante se introduce en una mezcladora de hormigón asfáltico que contiene materiales inertes.

10

Antecedentes y descripción de la técnica anterior

Se conocen ampliamente instalaciones de producción para elaborar hormigón asfáltico que va a usarse como composición para pavimentación. Generalmente, tales instalaciones de producción pueden clasificarse o bien como plantas de producción discontinua o bien como plantas de producción continua. En una planta de producción discontinua convencional, una cantidad de materiales inertes se calienta, se seca y se coloca en una mezcladora junto con una cantidad de cemento asfáltico líquido. Los materiales inertes y el cemento asfáltico se mezclan de manera exhaustiva y se descargan como lote de hormigón asfáltico en un contenedor de almacenamiento o un camión de distribución. En una planta de producción continua convencional, se introducen de manera continua materiales inertes y cemento asfáltico en la planta y se produce de manera continua hormigón asfáltico. Dado que los materiales de partida para el hormigón asfáltico se introducen de manera continua, las proporciones de los componentes en la mezcla deben controlarse midiendo las tasas relativas a las que se introducen los diversos componentes.

15

Un tipo común de planta de producción continua es una combinación de secadora/mezcladora. En un dispositivo de este tipo, se introducen materiales inertes en el extremo superior de un tambor giratorio inclinado. Un quemador montado en el extremo superior del tambor calienta el aire que fluye a través del tambor, y el material inerte se calienta y se seca a medida que da vueltas a través del flujo de gas calentado en el tambor. Se introduce cemento asfáltico líquido en la parte inferior del tambor, donde se mezcla con los materiales inertes secados para producir una mezcla de hormigón asfáltico. Este tipo de secadora/mezcladora se conoce como mezcladora de flujo paralelo, debido a que todos los materiales se mueven a través del tambor en una dirección que se aleja de la fuente de la llama del quemador. Una desventaja de una mezcladora de flujo paralelo es que no es térmicamente eficiente. Los materiales inertes están generalmente mojados y fríos cuando se introducen en la mezcladora. Antes de que tales materiales puedan adquirir un calor significativo, debe evaporarse la humedad que contienen. En una mezcladora de flujo paralelo, los materiales inertes se exponen a las temperaturas más altas cuando todavía están fríos y húmedos. Para cuando los materiales inertes se secan, se han movido hacia abajo del tambor a una zona más fría.

20

La patente estadounidense n.º 4.867.572 de Brock *et al.* describe un tipo de planta de producción continua conocida como secadora/mezcladora de flujo contrario. Esta mezcladora comprende un tambor interno inclinado montado para permitir su rotación alrededor de su eje longitudinal. Un tambor externo está dispuesto alrededor del tambor interno giratorio de modo que forma un espacio anular entre el exterior del tambor interno y el interior del tambor externo. Hay paletas o palas montadas en ambas superficies interna y externa del tambor interno. Un quemador está ubicado en el extremo inferior del tambor interno, y se introducen materiales inertes en el extremo superior del tambor interno. Debido a la inclinación y rotación del tambor interno, los materiales inertes que se introducen en el extremo superior del tambor interno se secan y se calientan a medida que dan vueltas hacia abajo, hacia el extremo inferior y hacia la fuente de la llama del quemador. En el extremo inferior del tambor interno, los materiales inertes secados y calentados se descargan en el espacio anular entre el tambor interno y el tambor externo. También se introduce cemento asfáltico líquido en este espacio anular, y la rotación continuada del tambor interno provoca que el cemento asfáltico se mezcle de manera exhaustiva con los materiales inertes calentados y secados para producir una mezcla de hormigón asfáltico. Las paletas en el exterior del tambor interno ayudan en este mezclado y también sirven para dirigir la mezcla de hormigón asfáltico hacia el extremo superior del tambor interno, a medida que se hace girar el tambor interno, hasta una salida de descarga de hormigón asfáltico.

25

El hormigón asfáltico también se elabora de manera convencional en plantas continuas compuestas por secadoras y mezcladoras separadas. Algunas de tales plantas emplean un tambor secador giratorio en el que se introducen materiales inertes. Un quemador está ubicado en un extremo del tambor y los materiales inertes se mueven a lo largo del tambor a través de los gases calentados generados por el quemador en un flujo o bien paralelo o bien a contracorriente hasta una salida. Una mezcladora separada, tal como una mezcladora de tambor giratorio o una mezcladora de paletas, se emplea para mezclar los materiales inertes secados procedentes del tambor secador con cemento asfáltico líquido.

30

Debido a que algunas mezcladoras convencionales (incluyendo las secadoras/mezcladoras) exponen el cemento asfáltico líquido a los gases de alta temperatura usados para secar y calentar los materiales inertes y al vapor generado en el proceso de secado, un "humo azul" de gases de hidrocarburos puede desprenderse de los componentes de petróleo ligero del cemento asfáltico. Aunque es relativamente poco significativo como emisión (en peso), el "humo azul" es visible y puede ser antiestético. Para eliminar el "humo azul", se ha considerado deseable

35

(1) dirigir el "humo azul" al interior del quemador para su incineración, o (2) filtrar el "humo azul" procedente de la planta y condensarlo para su desechado. La patente estadounidense n.º 5.054.931 de Farnham *et al.* describe una mezcladora de tambor de flujo contrario en la que se emplea una pantalla de quemador para aislar el cemento asfáltico líquido de los gases calientes generados por el quemador. Un difusor montado en la pantalla dirige todos los humos, incluyendo el vapor y el "humo azul", producidos en el extremo inferior del tambor a través de la llama del quemador. En una segunda realización, la patente de Farnham describe la creación de una mezcla de cemento asfáltico espumado mezclando cemento asfáltico líquido con agua y aire a presión. Esta mezcla espumada puede introducirse entonces a través de una tubería de entrada de cemento asfáltico convencional (en lugar de cemento asfáltico líquido) en la zona entre el quemador y la pantalla de quemador para mezclarse con los materiales inertes secados en su interior.

La patente estadounidense n.º 6.846.354 de Larsen *et al.* describe un método para elaborar hormigón asfáltico usando dos tipos de cemento asfáltico, un componente duro y un componente blando. Según este método, el componente duro comprende una espuma de cemento asfáltico que tiene una penetración de menos de 100 dmm, mientras que el componente blando comprende cemento asfáltico que tiene una penetración de al menos 200 dmm. Según el método de la patente de Larsen, se calienta una cantidad de material inerte hasta una temperatura de aproximadamente 130°C (265°F). Este material inerte calentado se mezcla entonces con una cantidad de cemento asfáltico blando que tiene una temperatura de aproximadamente 120°C (247°F) para formar una mezcla caliente de hormigón asfáltico. Entonces se elabora una espuma asfáltica dura inyectando un componente duro de cemento asfáltico en una cámara de espumación grande, inyectando agua en la cantidad del 2-7% en masa en el flujo de cemento asfáltico duro, y después homogenizando la mezcla de espuma en una mezcladora estática en una cámara de mezclado. Una cantidad de esta espuma de cemento asfáltico dura igual a la del cemento asfáltico blando añadida anteriormente se dispensa entonces de la cámara de mezclado a la mezcla caliente y se mezcla con la misma. Se añade un material para dar consistencia que comprende aproximadamente el 5% del producto final a esta mezcla a aproximadamente 20°C (67°F) para producir el producto final.

Se cree que el proceso de Larson requiere un componente duro espumado de cemento asfáltico para reducir la temperatura de la mezcla de hormigón asfáltico resultante y un componente blando para garantizar una compactación suficiente del producto resultante. También se cree que el proceso de Larson dará como resultado una espumación incompleta del componente de cemento asfáltico duro debido a la cantidad relativamente grande (es decir el 2-7% en masa) de agua inyectada en la corriente de cemento asfáltico duro en la cámara de espumación. Sería deseable poder desarrollar un método y un aparato que puedan emplear una única clase de cemento asfáltico para producir un producto de hormigón asfáltico a temperaturas inferiores a las temperaturas de mezcla caliente convencional. También sería deseable poder desarrollar un método y un aparato de este tipo que obtengan una compactación suficiente sin requerir la inclusión de un componente blando de cemento asfáltico. También sería deseable poder desarrollar un método y un aparato de este tipo que diera como resultado una espumación más completa del cemento asfáltico líquido empleado en el proceso.

Explicación de términos técnicos

Tal como se usa en el presente documento, el término "materiales inertes" y términos similares hacen referencia a piedra machacada y otros materiales particulados que se usan en la producción de hormigón asfáltico, tal como, por ejemplo, piedra caliza machacada y otros tipos de piedra machacada, mineral triturado o pulverizado y fibras de celulosa, gravilla, arena, cal y otros aditivos particulados.

Tal como se usa en el presente documento, los términos "cemento asfáltico", "CA" y términos similares hacen referencia a un material que se usa en combinación con materiales inertes en la producción de hormigón asfáltico. El cemento asfáltico actúa como aglutinante para diversos materiales inertes en la producción de hormigón asfáltico.

Tal como se usa en el presente documento, los términos "producto asfáltico reciclado", "PAR" y términos similares hacen referencia a un producto pulverizado o machacado que contiene materiales inertes aglutinados entre sí mediante cemento asfáltico. El PAR normalmente comprende materiales de pavimentación asfáltica reciclados machacados o pulverizados, guijarros machacados, triturados o pulverizados y otros productos que contienen cemento asfáltico.

Tal como se usa en el presente documento, el término "hormigón asfáltico" y términos similares hacen referencia a una mezcla de pavimentación bituminosa que se produce, usando cemento asfáltico y cualquiera de diversos materiales inertes, en una planta de producción de hormigón asfáltico. El hormigón asfáltico puede elaborarse con cualquiera de diversos materiales inertes, cemento asfáltico y PAR.

Tal como se usa en el presente documento, el término "asfalto de mezcla caliente" y términos similares hacen referencia a un tipo de hormigón asfáltico que se produce de manera convencional, usando cemento asfáltico líquido, a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 149°C (300°F) a aproximadamente 177°C (350°F).

Tal como se usa en el presente documento, el término "mezcladora" y términos similares hacen referencia a

dispositivos en los que se mezclan materiales inertes con cemento asfáltico para producir hormigón asfáltico. Tales mezcladoras pueden incluir plantas de producción tanto continua como discontinua, combinación de secadora/mezcladoras de diseño paralelo o flujo contrario, mezcladoras de tambor rotativo de diseño paralelo o flujo contrario, así como mezcladoras de paletas y similares.

5 La presente invención consiste en un método para elaborar cemento asfáltico según la reivindicación 1 adjunta.

10 La invención comprende un conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado para su uso en relación con una mezcladora que está adaptada para mezclar materiales inertes y cemento asfáltico en la preparación de hormigón asfáltico. Este conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado incluye una cámara de mezclado de cemento espumado, una primera entrada para cemento asfáltico líquido y una segunda entrada para agua, cada una de las cuales está en comunicación de fluido con la cámara de mezclado de cemento espumado. Se proporcionan medios para introducir cemento asfáltico líquido y agua en la cámara de mezclado de cemento espumado. El conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado también incluye una salida para cemento asfáltico espumado que está en comunicación de fluido tanto con la cámara de mezclado de cemento espumado como con la mezcladora. La invención también comprende un método para elaborar hormigón asfáltico usando cemento asfáltico espumado. El método incluye introducir materiales inertes en una mezcladora a una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F). El método también incluye introducir cemento asfáltico líquido y agua en la cámara de mezclado de cemento espumado para producir cemento asfáltico espumado, e introducir tal cemento asfáltico espumado procedente de la salida del conjunto de boquilla en la mezcladora donde se mezcla con materiales inertes a una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F) para producir hormigón asfáltico.

25 El aparato para elaborar hormigón asfáltico incluye un conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado. Una realización preferida de tal aparato también incluye un tambor externo fijo que tiene un eje longitudinal inclinado, un extremo superior, un extremo inferior y una salida para hormigón asfáltico en el extremo superior. Montado dentro del tambor externo fijo se encuentra un tambor interno giratorio que tiene un eje longitudinal que coincide con el eje longitudinal del tambor externo fijo, un extremo superior, un extremo inferior, una entrada para materiales inertes en el extremo superior, una pluralidad de paletas de mezclado externas en su superficie externa y una pluralidad de paletas de mezclado internas en su interior. El tambor interno tiene un diámetro que es menor que el diámetro del tambor externo de modo que se define una cámara de mezclado anular entre los tambores interno y externo. Además, el tambor interno tiene una salida en su extremo inferior a través del cual se descargan materiales inertes en la cámara de mezclado anular. El aparato incluye medios para calentar el interior del tambor interno de modo que materiales inertes introducidos en su interior se calientan hasta una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F).

40 Para facilitar la comprensión de la invención, las realizaciones preferidas de la invención se ilustran en los dibujos, y a continuación se proporciona una descripción detallada de las mismas. Sin embargo, no se pretende que la invención quede limitada a las realizaciones particulares descritas o al uso en relación con el aparato ilustrado en el presente documento. Diversas modificaciones y realizaciones alternativas tales como las que se les ocurrirían habitualmente a un experto en la técnica a la que se refiere la invención, también están contempladas e incluidas dentro del alcance de la invención descrito y reivindicado en el presente documento.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones preferidas de la invención en el presente documento se ilustran en los dibujos adjuntos, en los que números de referencia similares representan partes similares a lo largo de los mismos, y en los que:

50 La figura 1 es una vista lateral que deja ver parcialmente el interior de una primera realización de una mezcladora de hormigón asfáltico según la presente invención.

La figura 2 es una vista desde arriba de la realización de la figura 1.

55 La figura 3 ilustra una vista en sección parcial de la mezcladora de hormigón asfáltico de la figura 1, tomada a lo largo de la línea 3-3 de la figura 1, junto con componentes asociados.

60 La figura 4 es una vista lateral que deja ver parcialmente el interior de una segunda realización de una mezcladora de hormigón asfáltico, que comprende componentes de secadora y mezcladora separados, que puede usarse en relación con un conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado según la invención.

La figura 5 es una vista frontal de un conjunto de mezcladora de hormigón asfáltico de tipo de producción discontinua que puede usarse en relación con un conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado según la invención.

65 La figura 6 es una vista en sección de una parte del conjunto de mezcladora de hormigón asfáltico de tipo de producción discontinua de la figura 5.

La figura 7 es una vista en perspectiva de una primera realización de un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado según la invención.

5 La figura 8 es una vista en sección a través del conjunto 86 de boquilla del colector de boquillas de cemento asfáltico ilustrado en la figura 7, tomada a través de la línea 8-8 de la figura 7.

La figura 9 es una vista en sección de conjuntos 88, 90 y 92 de boquilla de cemento asfáltico de la figura 7, tomada en una dirección perpendicular a la de la figura 8.

10 La figura 10 es un gráfico que muestra la relación entre la tasa de H₂O y la tasa de producción de una mezcladora de hormigón asfáltico que funciona según una realización preferida de la invención para producir productos que tienen cantidades variables de cemento asfáltico.

15 La figura 11 es un gráfico que muestra la relación entre la viscosidad y la temperatura de compactación del cemento asfáltico espumado según una realización preferida de la invención para una formulación de cemento asfáltico particular, así como la relación entre la viscosidad y la temperatura de compactación del cemento asfáltico líquido de la misma formulación.

20 La figura 12 es una ilustración que compara el grosor de recubrimiento de cemento asfáltico líquido y cemento asfáltico espumado preparados según una realización preferida de la invención.

La figura 13 es una vista en sección de una segunda realización de un conjunto de boquilla de cemento asfáltico para su uso en relación con la invención.

25 La figura 14 es una vista en sección parcial de una realización alternativa de una mezcladora de hormigón asfáltico similar a la de las figuras 1-3, pero que incluye una entrada para producto asfáltico reciclado y un conjunto de boquilla de cemento asfáltico tal como se ilustra en la figura 13.

30 La figura 15 es una ilustración esquemática de una primera realización de un circuito de fluido para cemento asfáltico líquido que muestra el flujo de cemento asfáltico líquido desde una fuente hasta un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado.

35 La figura 16 es una ilustración esquemática de una segunda realización de un circuito de fluido para cemento asfáltico líquido que muestra el flujo de cemento asfáltico líquido desde una fuente hasta un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado.

40 La figura 17 es una ilustración esquemática de una tercera realización de un circuito de fluido para cemento asfáltico líquido que muestra el flujo de cemento asfáltico líquido desde una fuente hasta un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado.

La figura 18 es una vista en perspectiva de una segunda realización de un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado de la invención.

45 La figura 19 es una vista frontal de una tercera realización de un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado de la invención.

La figura 20 es una vista lateral de la realización del colector de boquillas de cemento asfáltico espumado mostrado en la figura 19.

50 La figura 21 es una vista en sección tomada a través de la línea 21-21 de la figura 20.

La figura 22 es una vista desde arriba de la realización del colector de boquillas de cemento asfáltico espumado mostrado en las figuras 19-21.

55 La figura 23 es una vista desde abajo de la realización del colector de boquillas de cemento asfáltico espumado mostrado en las figuras 19-22.

60 La figura 24 es una vista en perspectiva de una parte del colector de cemento asfáltico líquido del colector de boquillas de cemento asfáltico espumado mostrado en las figuras 19-23.

La figura 25 es una vista desde arriba de la parte del colector de cemento asfáltico líquido mostrada en la figura 24.

La figura 26 es una vista en sección tomada a través de la línea 26-26 de la figura 25.

65 La figura 27 es una vista en perspectiva del distribuidor de boquillas del colector de boquillas de cemento asfáltico

espumado mostrado en las figuras 19-23.

La figura 28 es una vista desde arriba del distribuidor de boquillas mostrado en la figura 27.

5 La figura 29 es una vista frontal del distribuidor de boquillas mostrado en las figuras 27-28.

La figura 30 es una vista en sección tomada a través de la línea 30-30 de la figura 29.

La figura 31 es una vista en sección tomada a través de la línea 31-31 de la figura 29.

10

Descripción de las realizaciones preferidas de la invención

Las figuras 1 a 3 ilustran una primera realización de una planta de asfalto de mezcla caliente o mezcladora 30 de hormigón asfáltico que tiene un colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado (mostrado de manera esquemática en las figuras 1-3) que comprende una pluralidad de conjuntos de boquilla de cemento asfáltico espumado (descritos en más detalle a continuación en el presente documento). Como puede observarse en la figura 1, la mezcladora 30 de hormigón asfáltico es una combinación de secadora/mezcladora de flujo contrario tal como la vendida por Astec Inc. de Chattanooga, Tennessee bajo su marca comercial DOUBLE BARREL. La mezcladora 30 está soportada sobre un armazón 34 e incluye un tambor 36 externo fijo generalmente cilíndrico que tiene un eje 38 longitudinal que está inclinado con respecto a la horizontal de modo que el tambor externo tiene un extremo 40 superior y un extremo 42 inferior. La mezcladora 30 también incluye una cámara de calentamiento/secado compuesta por un tambor 44 interno hueco, generalmente cilíndrico que tiene un eje longitudinal que coincide con el eje 38 longitudinal del tambor externo fijo.

15

20

25

30

35

El tambor 36 externo tiene un diámetro D_1 (mostrado en la figura 3) que es mayor que el diámetro D_2 del tambor 44 interno. Además, puesto que el eje longitudinal del tambor 44 interno coincide con el eje 38 del tambor 36 externo, el tambor 44 interno está inclinado al mismo ángulo con respecto a la horizontal que el tambor 36 externo, de modo que el tambor interno tiene un extremo 46 superior y un extremo 48 inferior. El ángulo al que funciona y se transporta la mezcladora puede ser fijo o admitir un ajuste por medio de un elemento de elevación hidráulico (no mostrado) u otros medios conocidos para los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención. Aumentando o disminuyendo el ángulo al que funciona la mezcladora, puede disminuirse o aumentarse la cantidad de tiempo que el material inerte pasa en la cámara de calentamiento/secado, respectivamente, permitiendo al operario de ese modo controlar el grado en que se calienta o seca el material inerte sin necesitar un cambio en la tasa de funcionamiento de la mezcladora.

40

45

Debido a que el diámetro D_1 del tambor 36 externo es mayor que el diámetro D_2 del tambor 44 interno, se proporciona una cámara 50 de mezclado anular entre el tambor externo y el tambor interno. El tambor 36 externo está montado de manera fija en el armazón 12 sobre una pluralidad de soportes 52 y rodea al menos una parte del tambor 44 interno. El tambor 44 interno está montado de manera giratoria en el armazón 34 por medio de cojinetes 54 montados sobre el armazón que engranan con guías 56 ubicadas en la circunferencia del tambor. Un motor 58 está adaptado para accionar de manera giratoria un piñón de accionamiento (no mostrado, pero ubicado en el alojamiento 60) que está en enganche de accionamiento con una transmisión de cadena (no mostrada, pero ubicada en el alojamiento 62 en la superficie externa del tambor interno) para hacer girar el tambor 44 de una manera convencional. También pueden emplearse sistemas de accionamiento alternativos tales como los conocidos para los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención para hacer girar el tambor 44 interno con respecto al tambor 36 externo fijo.

50

55

60

65

La mezcladora 30 también incluye un quemador 64 en el extremo 48 inferior que está adaptado para calentar y secar el material inerte dentro del tambor 44 interno. Tal como se muestra en la figura 1, el quemador 64 está adaptado para dirigir una llama 66 al interior del tambor interno. Los combustibles típicos que se queman en el quemador incluyen petróleo, gas natural, gas LP y carbón pulverizado. Se usa un ventilador 68 para introducir una mezcla de combustible y aire en el quemador, donde se enciende la mezcla para producir la llama y gases de combustión que calientan y secan los materiales inertes que pasan a través del interior del tambor. Tal como se muestra en las figuras 1 y 2, el canal 70 facilita la introducción de materiales inertes en el tambor 44 interno. Este canal conduce a la entrada 72 (no mostrada en la figura 2) en el extremo 46 superior del tambor 44 interno. Debido a la inclinación y rotación del tambor interno, los materiales inertes se transportarán de la entrada 72 hacia el extremo 42 inferior del tambor. A medida que los materiales inertes se transportan de ese modo, una pluralidad de paletas o palas de mezclado internas (no mostradas) montadas en la superficie interna del tambor interno elevan y dan vueltas a los materiales inertes en el tambor interno a medida que gira con respecto al tambor externo, permitiendo de ese modo un calentamiento y secado más exhaustivos de los materiales inertes a medida que se hacen pasar a través de los gases calentados que fluyen a través del tambor. También puede emplearse un ventilador de expulsión (no mostrado) en combinación con el quemador 64 para dirigir un flujo de material de expulsión desde el extremo 42 inferior del tambor 44, a través del tambor, y fuera del extremo 46 superior. El material de expulsión, que incluye gases de combustión y polvo de material inerte arrastrado, se dirige hacia fuera del extremo 46 superior del tambor 44 a través del distribuidor 76 y la salida 78 hasta un dispositivo de filtrado de polvo convencional (no mostrado), tal como una cámara de sacos, un separador ciclónico o un sistema de lavado húmedo.

El tambor 44 interno está dotado de una salida 80, preferiblemente compuesta por una pluralidad de aberturas en la pared del tambor, en o cerca de su extremo 48 inferior, para la descarga de materiales inertes calentados en la cámara 50 de mezclado anular. También se encuentran en comunicación de fluido con la cámara 50 de mezclado anular una pluralidad de conjuntos de boquilla de cemento asfáltico espumado montados en el colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado, conjuntos de boquilla que están adaptados para introducir cemento asfáltico espumado en la cámara de mezclado anular según la invención. Hay una pluralidad de paletas o aspas 82 de mezclado externas a modo de palas montadas en la superficie externa del tambor 44 interno dentro del tambor 36 externo. Estas paletas de mezclado externas están dispuestas de modo que, a medida que el tambor 44 gira, las paletas de mezclado abarcan sustancialmente toda la distancia entre la superficie externa del tambor 44 interno y la superficie interna del tambor 36 externo. Las paletas 82 de mezclado externas también están preferiblemente a un ángulo de tal manera que además de mezclar los materiales inertes y el cemento asfáltico espumado en la cámara de mezclado, las paletas transportan la mezcla de hormigón asfáltico resultante a la salida 84 de la cámara de mezclado anular que se proporciona a través del tambor 36 externo en o cerca de su extremo 40 superior. El material de pavimentación de hormigón asfáltico puede descargarse entonces de la cámara 50 de mezclado anular a través de la salida 84.

Debido a que el tambor 44 interno está construido preferiblemente de material termoconductor, el calor producido por el quemador 64 se transfiere del interior del tambor interno a la cámara 50 de mezclado anular. Se prefiere que la temperatura de los materiales inertes sea al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F) durante el mezclado con el cemento asfáltico espumado dentro de la cámara de mezclado anular.

Haciendo referencia ahora a la figura 4, se muestra una realización alternativa de una mezcladora de hormigón asfáltico que incluye un colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado. Tal como se muestra en la misma, la mezcladora 200 incluye una secadora 202 de tambor giratorio y una mezcladora 204 de paletas asociada. La secadora 202 comprende un tambor 206 alargado y hueco que tiene un eje 208 de rotación central que está inclinado con respecto a la horizontal (H) de modo que define un extremo 210 superior y un extremo 212 inferior. El tambor 206 está montado sobre un armazón que comprende casquillos 214 de cojinete de modo que puede girar alrededor de un eje 208 central mediante un medio de accionamiento (no mostrado) que puede ser similar al usado para hacer girar el tambor 44 interno de la mezcladora 30. Se proporciona un transportador 216 de suministro adyacente al extremo 210 superior de la secadora 202 de tambor para la introducción de materiales inertes en el interior de la secadora de tambor. La secadora 202 de tambor también incluye el quemador 218 que está montado en el extremo inferior de la secadora de tambor para dirigir una llama de alta temperatura al interior del dispositivo. El quemador 218 es de diseño convencional e incluye un soplador 220 que carga una mezcla de combustible y aire en el quemador, donde tal mezcla se enciende para producir una llama 221 y gases de combustión para calentar el interior de la secadora 202 de tambor. El conducto 222 de expulsión está ubicado en el extremo superior de la secadora 202 de tambor para expulsar los gases de combustión (y el polvo arrastrado) de la secadora de tambor. El flujo de expulsión puede transportarse a un dispositivo de filtrado de polvo convencional (no mostrado), tal como una cámara de sacos, un separador ciclónico o un sistema de lavado húmedo.

Debido a la inclinación y rotación de la secadora 202 de tambor, los materiales inertes se transportarán desde el transportador 216 hacia el extremo 212 inferior de la secadora de tambor. A medida que los materiales inertes se transportan de ese modo, una pluralidad de paletas o palas 224 de mezclado internas montadas en la superficie interna de la secadora de tambor elevan y dan vueltas a los materiales inertes en la secadora de tambor a medida que gira, permitiendo de ese modo un calentamiento y secado más exhaustivo de los materiales inertes a medida que se hacen pasar a través de los gases calentados que fluyen a través de la secadora de tambor. Aunque la secadora 202 de tambor es de diseño de flujo contrario, también se contempla dentro del alcance de la invención que la secadora de tambor pueda ser de diseño de flujo paralelo.

El canal 226 de salida de material inerte se proporciona en el extremo inferior de la secadora 202 de tambor para la descarga de materiales inertes secados y calentados procedentes de la secadora de tambor al interior de una mezcladora tal como una mezcladora 204 de paletas. La mezcladora de paletas puede montarse directamente bajo la secadora 202 de tambor, o puede montarse de modo que descarga los materiales inertes calentados sobre un transportador de descarga (no mostrado) que está adaptado para transportar los materiales inertes calentados al canal 228 de entrada de la mezcladora de paletas. También se prefiere que la mezcladora 204 de paletas esté montada con su eje 229 longitudinal orientado a un ángulo con respecto a la horizontal (H) de modo que tiene un extremo 230 superior y un extremo 231 inferior. Los materiales inertes calentados entran en la mezcladora 204 de paletas a través del canal 228 de entrada y se mezclan en el interior de la misma con cemento asfáltico espumado dispensado desde el colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado (mostrado de manera esquemática en la figura 4) que comprende una pluralidad de conjuntos de boquilla de cemento asfáltico espumado (descritos en más detalle a continuación en el presente documento). Una pluralidad de palas 233 están configuradas en espiral alrededor del árbol 234 de la mezcladora de paletas, que está montado para permitir su rotación a lo largo del eje 230 longitudinal. El árbol 234 está accionado por el motor 236 y la transmisión 238 de cadena (mostrados de manera esquemática en la figura 4) de una manera convencional de modo que los materiales inertes calentados que entran en el canal 228 de entrada se mezclan con cemento asfáltico espumado y la mezcla de hormigón asfáltico resultante

se transporta al extremo 230 superior para su descarga a través del canal 240 de descarga. También se contempla dentro del alcance de la invención que una mezcladora de tambor giratorio tal como conocen los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención puede sustituirse por una mezcladora 204 de paletas.

5 Las figuras 5 y 6 ilustran el uso del colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado en una mezcladora de asfalto de tipo de producción discontinua. Tal como se muestra en la misma, la planta 242 de producción discontinua incluye una secadora 244 de tambor, que puede ser de diseño de flujo contrario o flujo paralelo, para calentar y secar materiales inertes. Los materiales inertes calentados y secados salen de la secadora 244 de tambor a través del canal 246 hacia un elevador 248 de cangilones. El elevador 248 transporta los materiales inertes calentados hacia arriba hacia el canal 250 de descarga, que está ubicado por encima de la torre 252 de producción discontinua. La planta 242 de producción discontinua también incluye un transportador 254 de PAR para suministrar materiales de pavimentación asfáltica reciclados al elevador 248 de cangilones. Ubicada en el extremo inferior del canal 250 de descarga hay una compuerta 256, que dirige de manera selectiva material al interior del primer conducto 258 o segundo conducto 260. En esta realización de la invención, el material de PAR puede hacerse pasar a través del primer conducto 258 al interior del contenedor 262 de reciclaje, y los materiales inertes calentados pueden hacerse pasar a través del segundo conducto 260 al interior del tamiz 264 de clasificación, donde tales materiales se separan por tamaño de partícula en una pluralidad de contenedores 266, 268, 270 y 272 de almacenamiento de material inerte térmicamente aislados. Una compuerta en forma de concha bivalva (no mostrada) está ubicada en el fondo de cada contenedor para controlar la descarga de material desde los mismos al interior de la tolva 274 de pesaje. La tolva de pesaje se proporciona para pesar cantidades predeterminadas de materiales inertes procedentes de los contenedores 266, 268, 270 y 272 y PAR procedente del contenedor 262 en la mezcladora 276 de paletas (mostrada en más detalle en la figura 6). Preferiblemente, la mezcladora de paletas es de diseño de dos árboles convencional que se proporciona para mezclar cemento asfáltico espumado con materiales inertes calentados y (opcionalmente) PAR.

25 Haciendo referencia ahora a la figura 6, la mezcladora 276 de paletas incluye un motor 278 de accionamiento y un árbol 280 de mezclado, al que están unidos una pluralidad de vástagos 282 de pala y puntas 284 de pala. Montado encima de la mezcladora 276 de paletas hay un colector 286 de boquillas de cemento asfáltico espumado, que incluye una pluralidad de conjuntos de boquilla de cemento asfáltico espumado (descritos en más detalle a continuación en el presente documento). Se proporciona una bomba de cemento asfáltico (no mostrada) para suministrar cemento asfáltico líquido al cangilón 288 de pesaje, que está montado en la viga 290 de soporte mediante células 291 de carga. Cuando las células de carga indican que el cangilón 288 de pesaje contiene una cantidad de cemento asfáltico líquido adecuada para su uso a la hora de preparar un lote de hormigón asfáltico según la invención, se activa un interruptor 292 de flotador para detener el flujo de cemento asfáltico líquido al interior del cangilón de pesaje. Entonces, tras dispensarse el material inerte calentado y seco al interior de la mezcladora de paletas, la bomba 293 (mostrada de manera esquemática en la figura 6) se activa para dispensar el cemento asfáltico líquido en el cangilón de pesaje al colector 286 de boquillas de cemento asfáltico espumado.

40 La figura 7 ilustra una realización preferida del colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado. Este colector incluye diez conjuntos de boquilla de cemento asfáltico espumado, aunque puede incluirse un número mayor o menor. El conjunto 86 de boquilla de la figura 7 se ilustra en la figura 8 y los conjuntos 88, 90 y 92 de boquilla se ilustran en la figura 9. También pueden emplearse una pluralidad de conjuntos de boquilla tales como los conjuntos 86, 88, 90 y 92 en el colector 286 de boquillas que está asociado con la mezcladora 276 de paletas (figura 6) de una manera que resultará evidente para los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención.

45 Aunque se muestra en las figuras 1-3 montado sobre el tambor 36 externo o en la figura 4 montado sobre la mezcladora 204 de paletas, el colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado podría ubicarse en otro lugar si resulta conveniente, y podría proporcionarse una canalización procedente de cada conjunto de boquilla para conducir el cemento asfáltico espumado al interior de una mezcladora tal como la mezcladora 30 o una mezcladora de paletas tal como la mezcladora 204 de paletas. Un conjunto de boquilla remoto de este tipo se ilustra en las figuras 13 y 14 y se describe en más detalle a continuación en el presente documento.

50 Además de los conjuntos de boquilla (de los que son representativos los conjuntos 86, 88, 90 y 92), el colector 32 de boquillas de cemento asfáltico incluye un colector 94 de agua (que incluye una entrada 96 de agua y una salida 98 de agua) que está soportado por fijaciones 100 y 102. El agua se suministra a la entrada 96 de agua del colector 94 desde la fuente 104 de agua a través de la tubería 106, ambas mostradas de manera esquemática en la figura 3. Una bomba y una o más válvulas (no mostradas) se emplearán normalmente en relación con la fuente 104 de agua y la tubería 106, como conocen los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención. El agua procedente del colector 94 se dirige a cada uno de los conjuntos de boquilla a través de una canalización 108 de suministro a boquilla. Tal como se muestra en la figura 8, cada una de las canalizaciones de suministro de boquilla provee agua a una cámara 110 de mezclado de cemento espumado a través de la válvula 112 y la canalización 114 de entrada.

65 El colector 32 de boquillas de cemento asfáltico también incluye un colector 116 de cemento asfáltico que suministra cemento asfáltico líquido desde una fuente 118 de cemento asfáltico a través de la tubería 120, ambas mostradas de manera esquemática en la figura 3. Una bomba, un calentador y una o más válvulas (no mostradas) se emplearán

normalmente en relación con la fuente 118 de cemento asfáltico y la tubería 120, como conocen los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención. Se prefiere introducir cemento asfáltico líquido en el colector 116 a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F). El cemento asfáltico procedente del colector 116 se dirige preferiblemente al interior de una cámara 110 de mezclado de cemento asfáltico espumado mediante una boquilla 122 de cemento asfáltico convencional, que se controla mediante la canalización 124 de aire abierta y la canalización 126 de aire cerrada. Se prefiere que la cámara 110 de mezclado de CA espumado esté adaptada para unirse, mediante enganche roscado u otros medios, a la boquilla de cemento asfáltico convencional. Al proporcionar tal construcción, el colector de boquillas de cemento asfáltico puede incluir o incorporar uno o más conjuntos de boquilla de cemento asfáltico líquido convencionales.

El colector 32 de boquillas de cemento asfáltico preferido incluye un colector 128 de petróleo caliente que incluye una entrada 132 de petróleo caliente y una salida 134 de petróleo caliente. El colector 128 suministra petróleo caliente para mantener la temperatura del cemento asfáltico líquido en el colector 116 dentro del intervalo deseado adyacente a la boquilla 122 convencional y la cámara 110 de mezclado de cemento asfáltico espumado. El petróleo caliente procedente de la fuente 138 (mostrada de manera esquemática en la figura 3) se conduce a través de la tubería 140 (también mostrada de manera esquemática) al colector 128 de petróleo caliente. Un calentador, una bomba y una o más válvulas (no mostradas) se emplearán normalmente en relación con la fuente 138 de petróleo caliente y la tubería 140, como conocen los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención. Alternativamente, el calor para el colector de cemento asfáltico puede proporcionarse mediante elementos de calentamiento eléctricos (no mostrados) o mediante otros medios conocidos para los expertos ordinarios en la técnica a la que se refiere la invención.

Se prefiere que, cuando se acciona la boquilla 122 de cemento asfáltico, el cemento asfáltico líquido se introduzca en la cámara 110 de mezclado de cemento espumado a una tasa de CA dentro del intervalo de aproximadamente 32 litros/minuto (8,5 galones/minuto) a aproximadamente 682 litros/minuto (180 galones/minuto) dependiendo de la tasa de producción de la mezcladora de asfalto con la que está asociado el colector 32 de boquillas de cemento asfáltico. Tal tasa de CA permite una provisión de espuma de cemento asfáltico según la invención suficiente para producir hasta aproximadamente 56 toneladas cortas/minuto (50 toneladas métricas/hora) de hormigón asfáltico. Por consiguiente, cuando los diez conjuntos de boquilla de cemento asfáltico espumado están en funcionamiento en una mezcladora tal como se muestra en las figuras 1-3, puede generarse fácilmente suficiente cemento asfáltico espumado para producir aproximadamente 552 toneladas cortas/hora (500 toneladas métricas/hora) de hormigón asfáltico.

En el funcionamiento del colector 32 de boquillas de cemento asfáltico, se introducen simultáneamente agua y cemento asfáltico en la cámara 110 de mezclado de cemento espumado. Preferiblemente, se introduce agua en la cámara 110 de mezclado de CA espumado a una tasa de H₂O que es de aproximadamente el 0,6% a aproximadamente el 2,0% de la tasa de CA a la que se introduce cemento asfáltico. La figura 10 ilustra diversas tasas de H₂O (eje Y) cuando se introduce agua al 2,0% de la tasa de CA, dependiendo de la tasa de producción de hormigón asfáltico (eje X) y la cantidad de cemento asfáltico en el producto de hormigón asfáltico. La línea superior indica diversas tasas de H₂O a diversas tasas de producción cuando el contenido de cemento asfáltico del producto es del 6,0%. La segunda línea desde arriba indica diversas tasas de H₂O a diversas tasas de producción cuando el contenido de cemento asfáltico del producto es del 5,5%. La tercera línea desde arriba indica diversas tasas de H₂O a diversas tasas de producción cuando el contenido de cemento asfáltico del producto es del 5,0%. La línea inferior indica diversas tasas de H₂O a diversas tasas de producción cuando el contenido de cemento asfáltico del producto es del 4,5%.

El agua se introduce en la cámara de mezclado de cemento asfáltico espumado a temperatura ambiental o corriente, aunque puede enfriarse antes de su introducción en la misma. Tras el mezclado del cemento asfáltico líquido a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F) con el agua mucho más fría, el cemento asfáltico líquido se expandirá para producir cemento asfáltico espumado en la boquilla 142 de salida (mostrada en la figura 8), preferiblemente a una temperatura que no es superior a 141°C (285°F), y generalmente dentro del intervalo de aproximadamente 110°C (230°F) a aproximadamente 133°C (270°F). Debido a que los cementos asfálticos duros, tales como los que tienen una penetración dentro del intervalo de aproximadamente 40 dmm a aproximadamente 100 dmm (cuando se mide según la norma ASTM D5 a 25°C), incluyen componentes de petróleo ligero que tienen un punto de ebullición por encima de 141°C (285°F), tales cementos asfálticos pueden emplearse en relación con la invención sin riesgo de que los componentes de petróleo ligero se vaporicen (generando de ese modo humo azul) durante la producción de cemento asfáltico. Además, puesto que en la realización preferida de la invención, el agua se introduce en la cámara de mezclado de CA espumado a una tasa de H₂O que es sólo de aproximadamente el 0,6% a aproximadamente el 2,0% de la tasa de CA a la que se introduce cemento asfáltico, la puesta en práctica de la invención es más probable que dé como resultado una espumación de sustancialmente más del cemento asfáltico que la que se obtiene mediante métodos convencionales.

Cuando se emplea cemento asfáltico espumado en la producción de hormigón asfáltico según la invención, la viscosidad del componente de cemento asfáltico del producto de hormigón asfáltico se reducirá de lo que sería si se empleara el mismo cemento asfáltico como líquido. Además, las temperaturas a las que puede compactarse el

producto de hormigón asfáltico, y por tanto las temperaturas a las que puede aplicarse a la hora de construir o reparar una superficie de carretera, se reducirán significativamente. La figura 11 compara el rendimiento de un cemento asfáltico duro típico en la producción de hormigón asfáltico convencional (línea superior) con el rendimiento del mismo cemento asfáltico cuando se espuma y usa según la invención (línea inferior). El cemento asfáltico usado en esta comparación es PG64-22, un cemento asfáltico duro que tiene valores de penetración típicos dentro del intervalo de 60-70 dmm. Cuando se usa este cemento asfáltico en forma líquida en la producción de hormigón asfáltico, la viscosidad superior requiere temperaturas más elevadas para su compactación. Tal como se muestra en la figura 11 (línea superior), el uso de PG64-22 en forma líquida en un proceso convencional produce un producto que puede aplicarse y compactarse a temperaturas dentro del intervalo de aproximadamente 119°C (245°F) a aproximadamente 149°C (300°F). Cuando, por otro lado, este mismo cemento asfáltico se espuma para su uso según el método de la invención (línea inferior), la viscosidad inferior permite una aplicación y compactación del producto resultante a temperaturas dentro del intervalo de aproximadamente 105°C (220°F) a aproximadamente 135°C (275°F). La figura 12 ilustra la diferencia de viscosidad (y la correspondiente diferencia de compactación) entre una pieza 152 típica de material inerte recubierta con PG64-22 líquido según un proceso convencional y esa misma pieza típica de material inerte recubierta con PG64-22 espumado según la invención. Tal como se muestra en la misma, el recubrimiento de cemento asfáltico espumado contiene muchas burbujas de vapor creadas en el proceso de espumación, produciendo de ese modo un grosor de recubrimiento típico sobre la pieza 152 típica de material inerte de 165 mm. El mismo cemento asfáltico usado en un proceso convencional producirá un grosor de recubrimiento típico de solo 9 mm. Puesto que la mayoría del calor en el producto de hormigón asfáltico se obtiene del calentamiento de los materiales inertes en la mezcladora, el uso de cemento asfáltico espumado según la invención permite una reducción en el calor que debe transferirse a los materiales inertes. El solicitante ha encontrado que reduciendo la temperatura hasta la que se calientan los materiales inertes en la mezcladora aproximadamente 10°C (50°F), la cantidad de combustible requerida para tal calentamiento puede reducirse aproximadamente un 11%. Además, como se mencionó anteriormente, la oxidación es un problema común encontrado cuando el hormigón asfáltico se elabora con producto asfáltico reciclado. Además, debido a que el cemento asfáltico en el producto asfáltico reciclado ya está en forma sólida, generalmente es necesario emplear cementos asfálticos blandos en un proceso de producción de hormigón asfáltico convencional en el que el producto asfáltico reciclado se usa como parte del material de partida para obtener una compactación adecuada. Sin embargo, el solicitante ha encontrado que machacando el producto reciclado hasta una granulometría similar a la de los materiales inertes vírgenes usados en el producto y espumando un cemento asfáltico duro según la invención, puede usarse producto asfáltico reciclado en una cantidad en peso igual a la de los materiales inertes vírgenes según la invención, y el producto resultante puede compactarse de manera satisfactoria a temperaturas 50°F, o más, inferiores a las requeridas para un producto elaborado según métodos convencionales.

La figura 13 ilustra un conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado que comprende dos componentes, uno de los cuales está ubicado a distancia del otro, para su uso en relación con una mezcladora tal como la mezcladora 30, la mezcladora 204 de paletas o la mezcladora 276 de paletas. Tal como se muestra en la misma, el conjunto de boquilla a distancia incluye un conjunto 294 de boquilla de asfalto líquido y un conjunto 296 de boquilla de cemento asfáltico espumado. Tal como se muestra en la figura 14, por ejemplo, el conjunto 294 de boquilla de CA líquido puede estar ubicado a una distancia conveniente de la mezcladora 130 de hormigón asfáltico (descrita en más detalle a continuación en el presente documento), a la que está unido el conjunto 296 de boquilla de CA espumado. El conjunto 294 de boquilla de CA líquido está roscado en su extremo 298 de salida para recibir un extremo de la tubería 300 de conexión, y el otro extremo de la tubería de conexión está unido al extremo 302 de entrada del conjunto 296 de boquilla de CA espumado de una manera similar. Evidentemente, una pluralidad de conjuntos 294 de boquilla de asfalto líquido pueden estar agregados en un colector (no mostrado) y conectados mediante una pluralidad de tuberías de conexión a un número similar de conjuntos de boquilla de CA espumado montados sobre o adyacentes a una mezcladora.

El conjunto 294 de boquilla de CA líquido es sustancialmente similar a la boquilla 122 de cemento asfáltico convencional de la realización ilustrada en la figura 9. El conjunto 294 está unido a un colector 304 de cemento asfáltico líquido, que es sustancialmente similar al colector 116 de cemento asfáltico líquido de la realización ilustrada en la figura 9. El conjunto 296 de boquilla de CA espumado incluye una cámara 306 de mezclado de cemento espumado, que es sustancialmente similar a la cámara 110 de mezclado de la realización ilustrada en las figuras 8 y 9. El CA líquido se introduce a través de una tubería 300 en la cámara 306 de mezclado de cemento espumado, y el agua se introduce a través de una canalización 308 de entrada de agua, que es sustancialmente similar a la canalización 114 de entrada de la realización ilustrada en las figuras 8 y 9. En el funcionamiento de la boquilla 296 de cemento asfáltico, se introducen simultáneamente agua y cemento asfáltico líquido en la cámara 306 de mezclado de cemento espumado. Preferiblemente, el agua se introduce en la cámara 306 de mezclado de cemento espumado a una tasa de H₂O que es de aproximadamente el 0,6% a aproximadamente el 2,0% de la tasa de CA a la que se introduce cemento asfáltico. Al introducir agua a esta tasa relativamente baja (en volumen) en la corriente de CA líquido en la cámara de mezclado de cemento espumado del conjunto 296 de boquilla preferido, la mayoría del CA líquido puede convertirse a CA espumado en esta realización de la invención.

Tal como se muestra en la figura 14, el conjunto 296 de boquilla de CA espumado está adaptado para montarse de modo que dispensa cemento asfáltico espumado al interior de la cámara de mezclado anular de una realización de una mezcladora de hormigón asfáltico que es similar a la de las figuras 1-3. Tal como se muestra en la figura 14, la

mezcladora 130 de hormigón asfáltico incluye un tambor 136 externo fijo generalmente cilíndrico que tiene un eje longitudinal (no mostrado) que está inclinado con respecto a la horizontal de modo que el tambor externo tiene un extremo superior (no mostrado, pero sustancialmente similar al extremo 40 superior del tambor 36 externo) y un extremo inferior (tampoco mostrado, pero sustancialmente similar al extremo 42 inferior del tambor 36 externo). El eje longitudinal del tambor 136 externo coincide con el del tambor 144 interno generalmente cilíndrico, de modo que el tambor interno también tiene un extremo superior (no mostrado, pero sustancialmente similar al extremo 46 superior del tambor 44 interno) y un extremo inferior (tampoco mostrado, pero sustancialmente similar al extremo 48 inferior del tambor 44 interno). El tambor 136 externo tiene un diámetro que es mayor que el diámetro del tambor 144 interno, y por consiguiente, se proporciona una cámara 150 de mezclado anular entre el tambor externo y el tambor interno. El tambor 136 externo está montado de manera fija a un armazón (no mostrado, pero sustancialmente similar al armazón 12 de la mezcladora 30) y rodea al menos una parte del tambor 144 interno. El tambor interno está montado de manera giratoria sobre el armazón y adaptado para hacerse girar con respecto al tambor externo fijo de una manera convencional.

La mezcladora 130 de hormigón asfáltico también incluye un quemador (no mostrado pero sustancialmente similar al quemador 64 de la mezcladora 30) en el extremo inferior del tambor interno que está adaptado para calentar y secar el material inerte dentro del tambor interno. Se proporciona una entrada (no mostrada, pero sustancialmente similar a la entrada 72 del tambor 44 interno) para materiales inertes en el extremo superior del tambor 144 interno. Debido a la inclinación y la rotación del tambor interno, los materiales inertes se transportarán desde la entrada hacia el extremo inferior del tambor. A medida que los materiales se transportan de ese modo, una pluralidad de paletas o palas 175 de mezclado internas montadas en la superficie interna del tambor interno elevan y dan vueltas a los materiales inertes en el tambor interno a medida que gira con respecto al tambor externo, permitiendo de ese modo un calentamiento y secado más exhaustivo de los materiales inertes a medida que se hacen pasar a través del aire calentado que fluye a través del tambor. También puede emplearse un ventilador de expulsión (no mostrado) en combinación con el quemador para dirigir un flujo de aire calentado desde el extremo inferior del tambor 144 interno, a través del tambor, y fuera del extremo superior. El tambor 144 interno está dotado de una salida (no mostrada, pero sustancialmente similar a la salida 80 del tambor 44 interno) en o cerca de su extremo inferior para la descarga de materiales inertes calentados a la cámara 150 de mezclado anular. Además de la entrada para materiales inertes, la mezcladora 130 incluye una entrada 177 para introducir producto 179 asfáltico reciclado en la cámara de mezclado anular. También en comunicación de fluido con la cámara 150 de mezclado anular, como se describió anteriormente, hay un conjunto 296 de boquilla de cemento asfáltico espumado que está adaptado para introducir cemento asfáltico espumado en la cámara de mezclado anular según la invención. Una pluralidad de paletas o aspas 182 de mezclado externas a modo de palas están montadas en la superficie externa del tambor 144 interno dentro del tambor 136 externo. Estas paletas de mezclado externas están dispuestas de modo que, a medida que el tambor 144 gira, las paletas de mezclado abarcan sustancialmente toda la distancia entre la superficie externa del tambor 144 interno y la superficie interna del tambor 136 externo. Las paletas 182 de mezclado externas también están preferiblemente a un ángulo de tal manera que además de mezclar los materiales inertes, el producto asfáltico reciclado y el cemento asfáltico espumado en la cámara de mezclado, las paletas transportan la mezcla de hormigón asfáltico resultante a una salida de la cámara de mezclado anular (no mostrada pero sustancialmente similar a la salida 84 de la mezcladora 30) que se proporciona a través del tambor externo en o cerca de su extremo superior. El material de pavimentación de hormigón asfáltico puede descargarse entonces de la cámara 150 de mezclado anular a través de esta salida de tambor externo.

Debido a que el tambor 144 interno está construido preferiblemente de material termoconductor, el calor producido por el quemador se transfiere del interior del tambor interno a la cámara 150 de mezclado anular. Se prefiere que la temperatura dentro de la cámara de mezclado anular sea al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F) durante el mezclado del cemento asfáltico espumado con los materiales inertes.

El producto asfáltico reciclado contiene normalmente aproximadamente desde el 2 hasta el 5% en peso de humedad, de modo que cuando se hace funcionar la mezcladora 130 de hormigón asfáltico según la invención, se producirá vapor en la cámara de mezclado anular a medida que el producto asfáltico reciclado se calienta por la transferencia de calor desde el tambor 144 interno hasta la cámara de mezclado anular. Este vapor creará una atmósfera inerte en la cámara de mezclado anular, reduciendo de ese modo el riesgo de oxidación del producto de hormigón asfáltico.

Las figuras 15-17 comprenden ilustraciones esquemáticas de tres realizaciones alternativas de un circuito de fluido para cemento asfáltico líquido que muestran el flujo de cemento asfáltico líquido desde la fuente 118 hasta un colector de boquillas de cemento asfáltico espumado. Tal como se muestra en la figura 15, el cemento asfáltico líquido puede bombearse mediante la bomba 154 a través de la válvula 156 y la canalización 120 hasta el colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado, o puede dirigirse mediante la válvula 156 a una canalización 158 de retorno y de vuelta a la fuente 118. La figura 16 ilustra una versión modificada del circuito de fluido de cemento asfáltico de la figura 15. Tal como se muestra en la misma, el cemento asfáltico líquido puede bombearse mediante la bomba 154 a través de la válvula 156 y la canalización 120 a la válvula 160, donde puede dirigirse a través de la canalización 162 al colector 32 de boquillas de cemento asfáltico espumado o a través de la canalización 164 al conjunto 166 de boquilla de cemento asfáltico líquido convencional. Además, tal como se muestra en la figura 16, la

válvula 156 puede emplearse para dirigir el cemento asfáltico líquido a la línea 158 de retorno y de vuelta a la fuente 118. La figura 17 ilustra aún otra realización de un circuito de fluido de cemento asfáltico. Tal como se muestra en la misma, el colector 167 de boquillas de cemento asfáltico difiere del colector 32 en que tiene tanto una entrada de cemento asfáltico líquido como una salida de cemento asfáltico líquido. Por tanto, tal como se muestra en la figura 5 17, el cemento asfáltico líquido puede bombearse mediante la bomba 154 a través de la válvula 156 y la canalización 120 a la válvula 160, donde puede dirigirse a través de la canalización 162 al colector 167 de boquillas de cemento asfáltico espumado o a través de la canalización 164 al conjunto 166 de boquilla de cemento asfáltico líquido convencional. Si el cemento asfáltico líquido se dirige al colector 167 de boquillas de cemento asfáltico espumado y la válvula 168 se abre, el cemento asfáltico líquido puede salir por la salida de cemento asfáltico líquido a través de la canalización 170 para volver a la fuente 118. Además en esta realización del circuito de fluido, la 10 válvula 156 puede emplearse para dirigir el cemento asfáltico líquido desde la bomba 154 a la canalización 158 de retorno y de vuelta a la fuente 118.

En las figuras 18-31 se ilustran dos realizaciones adicionales de un colector de boquillas de cemento asfáltico que pueden emplearse en la puesta en práctica de la invención. Tal como se muestra en la figura 18, un colector 332 de boquillas de cemento asfáltico espumado comprende un colector 316 de cemento asfáltico, un colector 328 de petróleo caliente (que incluye la entrada 333 y la salida 334) y diez conjuntos 386 de boquilla de cemento asfáltico espumado.

Preferiblemente, los conjuntos 386 de boquilla son sustancialmente similares al conjunto 86 de boquilla (mostrado de la mejor manera en la figura 8).

En las figuras 19-31 se muestra otra realización del colector de boquillas de cemento asfáltico espumado de la invención. Tal como se muestra en las mismas, un colector 432 de boquillas de cemento asfáltico espumado incluye un colector 416 de cemento asfáltico y un colector 428 de petróleo caliente. El colector 416 incluye una cámara 436 alargada a la que está unida una entrada 438 de cemento asfáltico y una válvula 440 de control (no mostrada en las 25 figuras 24-26). En la realización de la invención ilustrada en las figuras 19-23, la válvula 440 de control puede emplearse para permitir que cemento asfáltico procedente de una fuente convencional entre en el colector 416 o evite el colector y entre en una mezcladora de asfalto asociada (no mostrada) de una manera convencional.

Una pluralidad de tubos 442 de salida de cemento asfáltico se extienden hacia abajo desde la cámara 436, cada uno de los cuales termina en una brida 444 de enganche (mostrada de la mejor manera en las figuras 24-26). Se proporcionan una pluralidad de tubos 446 de limpieza, cada uno de los cuales se extiende hacia arriba desde la cámara 436 y está en alineación con un tubo de salida de cemento asfáltico. Cada tubo 446 de limpieza está dotado de un tapón 448 de limpieza para dar acceso al tubo de limpieza, y a través del mismo al tubo de salida asociado. 35

El distribuidor 428 de boquillas incluye una pluralidad de tubos 450 de entrada de distribuidor, cada uno de los cuales está alineado con un tubo 442 de salida de cemento asfáltico. Una brida 452 en el extremo superior de cada tubo de entrada de distribuidor se alinea con y se conecta a una brida 444 de enganche en el extremo inferior de cada tubo de salida de cemento asfáltico. Preferiblemente, el distribuidor de boquillas también incluye una pluralidad de tubos 454 de entrada de agua y una pluralidad de tubos 456 de entrada de aire, cada uno de los cuales interseca con un tubo 450 de entrada de distribuidor para formar una cámara 458 de mezclado de espuma de asfalto en su interior. Extendiéndose hacia abajo desde cada cámara de mezclado de cemento asfáltico hay un tubo 460 de salida de cemento espumado que termina en una boquilla de diseño convencional (no mostrada). El conjunto de boquilla de cemento asfáltico espumado está montada en o cerca del lado superior de una mezcladora de asfalto por medio de una brida 462 de modo que cada tubo de salida de cemento espumado puede extenderse hacia abajo al interior de la mezcladora. Se proporciona un colector 464 de petróleo caliente u otros medios de calentamiento para mantener la temperatura de las cámaras de mezclado en el distribuidor de boquillas a una temperatura adecuada para la espumación del cemento asfáltico. Tal como se muestra de la mejor manera en las figuras 30 y 31, el 40 colector 464 de petróleo caliente incluye una canalización 466 de entrada de petróleo caliente y una canalización 468 de salida de petróleo caliente a través de la que puede hacerse circular petróleo caliente de manera continua para mantener la temperatura de las cámaras 458 de mezclado de cemento asfáltico espumado dentro del intervalo de aproximadamente 110°C (230°F) a aproximadamente 141°C (285°F), preferiblemente a aproximadamente 133°C (270°F).

En la puesta en práctica de la realización de la invención ilustrada en las figuras 19-31, se introduce cemento asfáltico líquido en la cámara 436 del colector 416 a través de la entrada 438. Normalmente el cemento asfáltico procedente de una fuente convencional estará a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F). Desde la cámara 436, el cemento asfáltico líquido fluye a través de cada uno de los tubos 442 de salida al interior de un tubo 450 de entrada de distribuidor asociado y al interior de una cámara 458 de mezclado de cemento asfáltico espumado. Al mismo tiempo, se inyecta agua a temperatura ambiental (o cualquier otra temperatura conveniente) a través de cada tubo 454 de entrada de agua a una tasa de aproximadamente el 0,6-2% en volumen de la tasa de introducción de cemento asfáltico. Si se desea, también puede inyectarse aire en cada cámara de mezclado a través de tubos 456 de entrada de aire. En cualquier caso, se hace circular petróleo caliente de manera continua a través del colector 464 de petróleo caliente, o se emplean otros 60 65 medios de calentamiento, para mantener la temperatura de las cámaras de mezclado 458 dentro del intervalo

deseado. Como resultado, se inyecta cemento asfáltico espumado en la mezcladora de asfalto a través de una pluralidad de boquillas. Preferiblemente, este cemento asfáltico espumado está a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 110°C (230°F) a aproximadamente 133°C (270°F), lo más preferiblemente a aproximadamente 122°C (250°F).

5 Tal cemento asfáltico espumado se mezcla con los materiales inertes calentados y secados en la mezcladora de asfalto para formar hormigón asfáltico.

10 Se ha encontrado que el cemento asfáltico espumado a una temperatura dentro del intervalo deseado proporciona un recubrimiento equivalente de materiales inertes al cemento asfáltico líquido a aproximadamente 182°C (360°F). La espumación del cemento asfáltico aumenta su volumen, aumentando de ese modo su área superficial, de modo que incluso aunque está a una temperatura inferior al cemento asfáltico convencional, su viscosidad es lo suficientemente baja para proporcionar un recubrimiento de material inerte suficiente y una compactación adecuada. Puesto que el cemento asfáltico espumado se introduce a una temperatura considerablemente inferior a la utilizada en la producción de asfalto de mezcla caliente, se produce menos "humo azul". Lo que es más importante, no es necesario proporcionar tanto calor en la mezcladora de asfalto para garantizar un recubrimiento apropiado de los materiales inertes. Al reducir la temperatura del hormigón asfáltico producido aproximadamente 10°C (50°F) (desde aproximadamente 149°C (300°F) hasta aproximadamente 121°C (250°F)), una mezcladora de asfalto convencional que emplea materiales inertes que tienen el 5% humedad y que funciona a una tasa de aproximadamente 331 toneladas cortas (300 toneladas métricas) por hora puede ahorrar aproximadamente 228 litros (60 galones) de combustible diésel por hora. Finalmente, también se ha encontrado que mezclar cemento asfáltico espumado con materiales inertes que se han calentado hasta una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua, y el mantenimiento de la mezcla de hormigón asfáltico resultante a una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua permite al cemento asfáltico permanecer en el estado espumado en la mezcla de manera indefinida.

25 Entre las ventajas de la invención está que se proporciona un método y un aparato para reducir la energía requerida para la producción de hormigón asfáltico. Otra ventaja es que la invención proporciona un método y un aparato para producir hormigón asfáltico al tiempo que minimiza la generación de "humo azul".

30 Aunque esta descripción contiene muchas especificaciones, no deberían interpretarse como limitativas del alcance de la invención sino que proporcionan meramente ilustraciones de algunas de las realizaciones preferidas en el presente documento de la misma, así como el mejor modo contemplado por el inventor para llevar a cabo la invención. La invención, tal como se describe en el presente documento, es susceptible de diversas modificaciones y adaptaciones, y se pretende que las mismas estén comprendidas dentro del significado y la amplitud de los equivalentes de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para elaborar hormigón asfáltico que comprende:
- 5 (A) proporcionar una mezcladora (30; 130; 200) que está adaptada para mezclar materiales inertes y cemento asfáltico;
- (B) introducir materiales inertes en la mezcladora (30; 130; 200);
- 10 (C) calentar los materiales inertes;
- (D) proporcionar una fuente (118) de cemento asfáltico líquido;
- (E) proporcionar una fuente (104) de agua;
- 15 (F) proporcionar un conjunto (86) de boquilla de cemento asfáltico espumado que comprende:
- (1) una cámara (110) de mezclado de cemento espumado;
- 20 (2) una primera entrada (122) para cemento asfáltico líquido;
- (3) una segunda entrada (114) para agua;
- (4) una salida (142) para cemento asfáltico espumado;
- 25 (G) introducir el cemento asfáltico líquido en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado a una tasa de CA e introducir el agua en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado a una tasa de H₂O para producir cemento asfáltico espumado;
- 30 (H) introducir cemento asfáltico espumado procedente de la salida (142) del conjunto (86) de boquilla en la mezcladora (30; 130; 200);
- (I) mezclar el cemento asfáltico espumado con materiales inertes para producir hormigón asfáltico;
- 35 caracterizado porque:
- (C1) en la etapa (c), se calientan los materiales inertes hasta una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F);
- 40 (D1) en la etapa (D), se proporciona la fuente (118) de cemento asfáltico líquido a una temperatura dentro del intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F);
- (F1) en la etapa (F), dicha primera entrada (122) está en comunicación de fluido con la fuente (118) de cemento asfáltico líquido y la cámara (110) de mezclado de cemento espumado; dicha segunda entrada (114) está en comunicación de fluido con la fuente (104) de agua y la cámara (110) de mezclado de cemento espumado; dicha salida (142) está en comunicación de fluido tanto con la cámara (110) de mezclado de cemento espumado como con la mezcladora (30; 130; 200);
- 45 (G1) en la etapa (G):
- 50 (1) se proporciona un colector (116) de cemento asfáltico para transportar cemento asfáltico líquido desde la fuente (118) de cemento asfáltico líquido hasta el conjunto (86) de boquilla de cemento asfáltico espumado;
- 55 (2) se proporcionan medios de calentamiento configurados y dispuestos para transferir calor al cemento asfáltico líquido en el colector (116) de cemento asfáltico;
- (3) se introduce el cemento asfáltico líquido calentado procedente del colector (116) de cemento asfáltico en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado a la tasa de CA;
- 60 (4) se introduce el agua en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado a la tasa de H₂O que es aproximadamente el 0,6-2,0% en volumen de la tasa de CA;
- 65 en el que la tasa de CA y la tasa de H₂O se seleccionan de modo que se produce cemento asfáltico espumado en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado;

(I1) en la etapa (I), se mezcla el cemento asfáltico espumado con materiales inertes a una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F).

- 5 2. Método según la reivindicación 1, que incluye la siguiente etapa tras la etapa (I) según la reivindicación 1:
- (J) mantener el hormigón asfáltico a una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua.
- 10 3. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa (B) comprende las siguientes etapas:
- (B1) introducir una primera cantidad en peso de materiales inertes en la mezcladora (30; 130; 200);
- 15 (B2) introducir una segunda cantidad en peso de producto asfáltico reciclado en la mezcladora (30; 130; 200), siendo dicha segunda cantidad no superior a la primera cantidad;
- y en el que la etapa (C) comprende:
- 20 (C2) calentar la combinación de materiales inertes y producto asfáltico reciclado hasta una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F);
- y en el que la etapa (I) comprende:
- 25 (I2) mezclar el cemento asfáltico espumado con la combinación de materiales inertes y producto asfáltico reciclado a una temperatura al menos tan elevada como el punto de ebullición del agua pero no superior a aproximadamente 141°C (285°F) para producir hormigón asfáltico.
- 30 4. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa (D) comprende la siguiente etapa:
- (D2) proporcionar la fuente (118) de cemento asfáltico líquido que tiene una penetración dentro del intervalo de aproximadamente 40 dmm a aproximadamente 100 dmm, medida según la norma ASTM D5 a 25°C.
- 35 5. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa (D) comprende la siguiente etapa:
- (D3) proporcionar la fuente (118) de cemento asfáltico líquido incluyendo un componente de petróleo ligero que tiene un punto de ebullición de al menos 141°C (285°F).
- 40 6. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa (F) comprende la siguiente etapa:
- (F2) proporcionar un colector (32) de boquillas de cemento asfáltico espumado que incluye una pluralidad de conjuntos (86, 88, 90, 92) de boquilla de cemento asfáltico espumado, cada uno de los cuales comprende:
- 45 (1) una cámara (110) de mezclado de cemento espumado;
- (2) una primera entrada (122) para cemento asfáltico líquido, estando dicha primera entrada (122) en comunicación de fluido con la fuente (118) de cemento asfáltico líquido y la cámara (110) de mezclado de cemento espumado;
- 50 (3) una segunda entrada (114) para agua, estando dicha segunda entrada (114) en comunicación de fluido con la fuente (104) de agua y la cámara (110) de mezclado de cemento espumado;
- 55 (4) una salida (142) para cemento asfáltico espumado, estando dicha salida (142) en comunicación de fluido tanto con la cámara (110) de mezclado de cemento espumado como con la mezcladora (30; 130; 200).
7. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa (G) comprende las siguientes etapas:
- 60 (G2) introducir el cemento asfáltico líquido en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado a una temperatura de CA y la tasa de CA;
- (G3) calentar la cámara (110) de mezclado de cemento espumado hasta una temperatura de espumación dentro del intervalo de aproximadamente 110°C (230°F) a aproximadamente 141°C (285°F);
- 65 en el que la temperatura de CA, la tasa de CA, la tasa de H₂O y la temperatura de espumación se

ES 2 549 730 T3

seleccionan de modo que se produce cemento asfáltico espumado en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado.

- 5 8. Método según la reivindicación 7, en el que la temperatura de CA está dentro del intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F) y la tasa de CA está dentro del intervalo de aproximadamente 32 litros/minuto (8,5 galones/minuto) a aproximadamente 682 litros/minuto (180 galones/minuto).
- 10 9. Método según la reivindicación 8, en el que la cámara (110) de mezclado de cemento espumado se calienta hasta la temperatura de espumación mediante la introducción del cemento asfáltico líquido en la cámara (110) de mezclado de cemento espumado a la temperatura de CA.

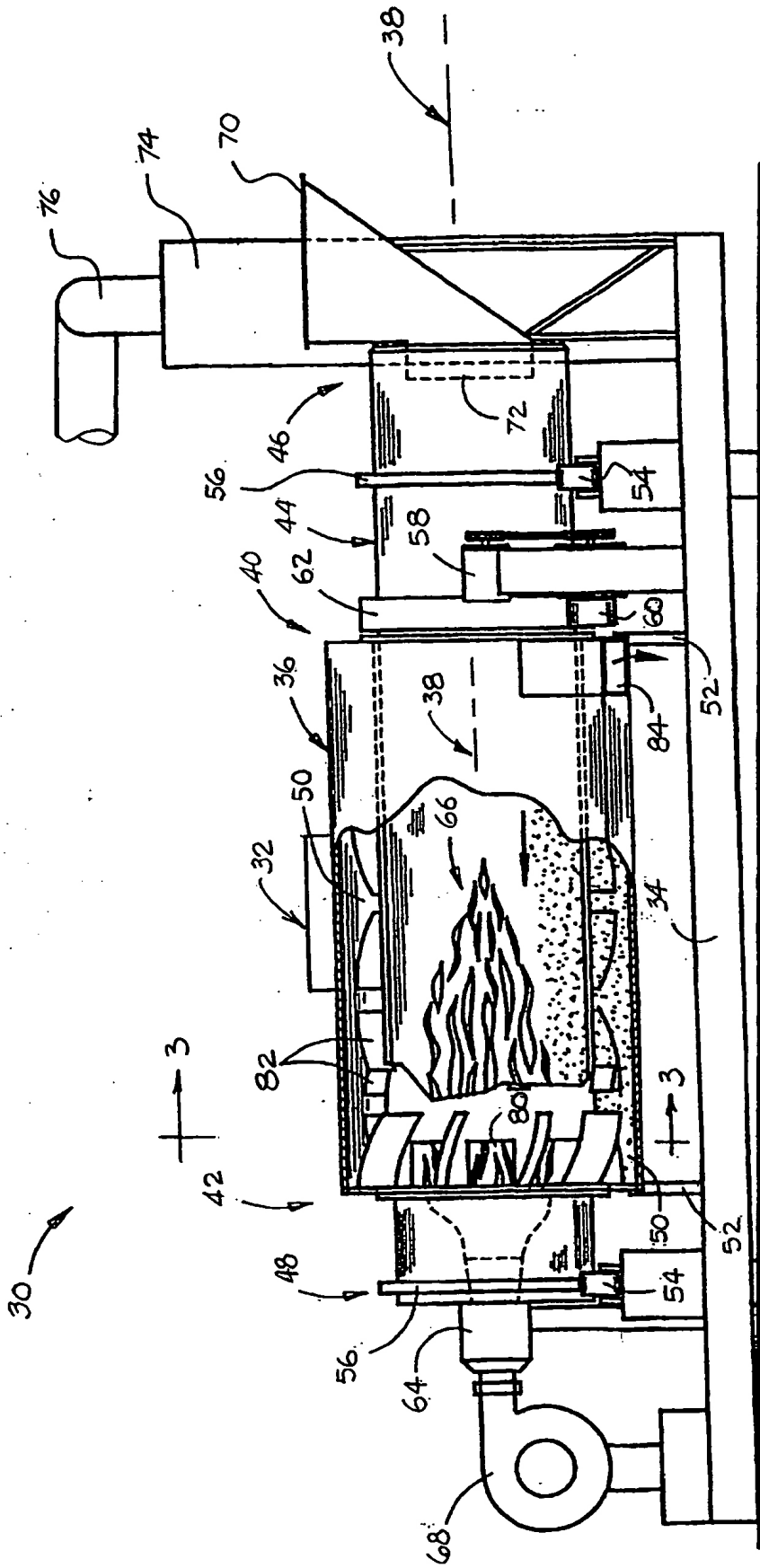


FIGURA 1

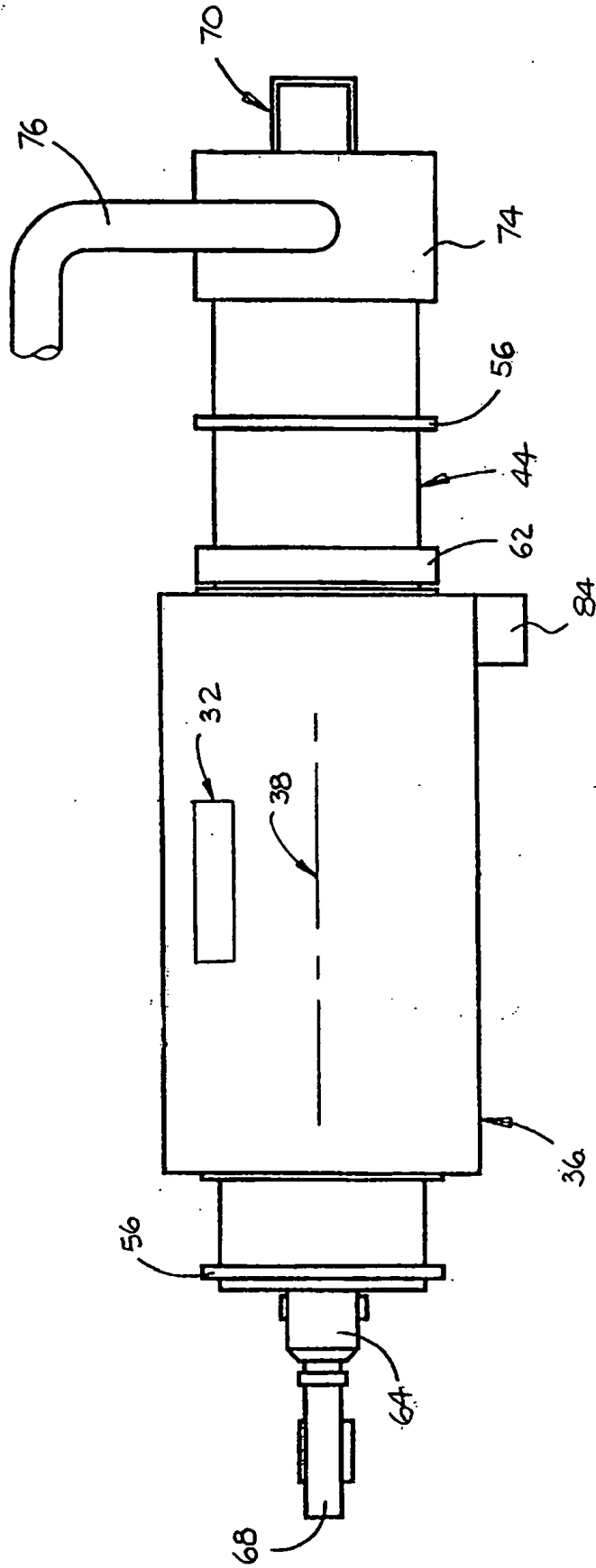


FIGURA 2

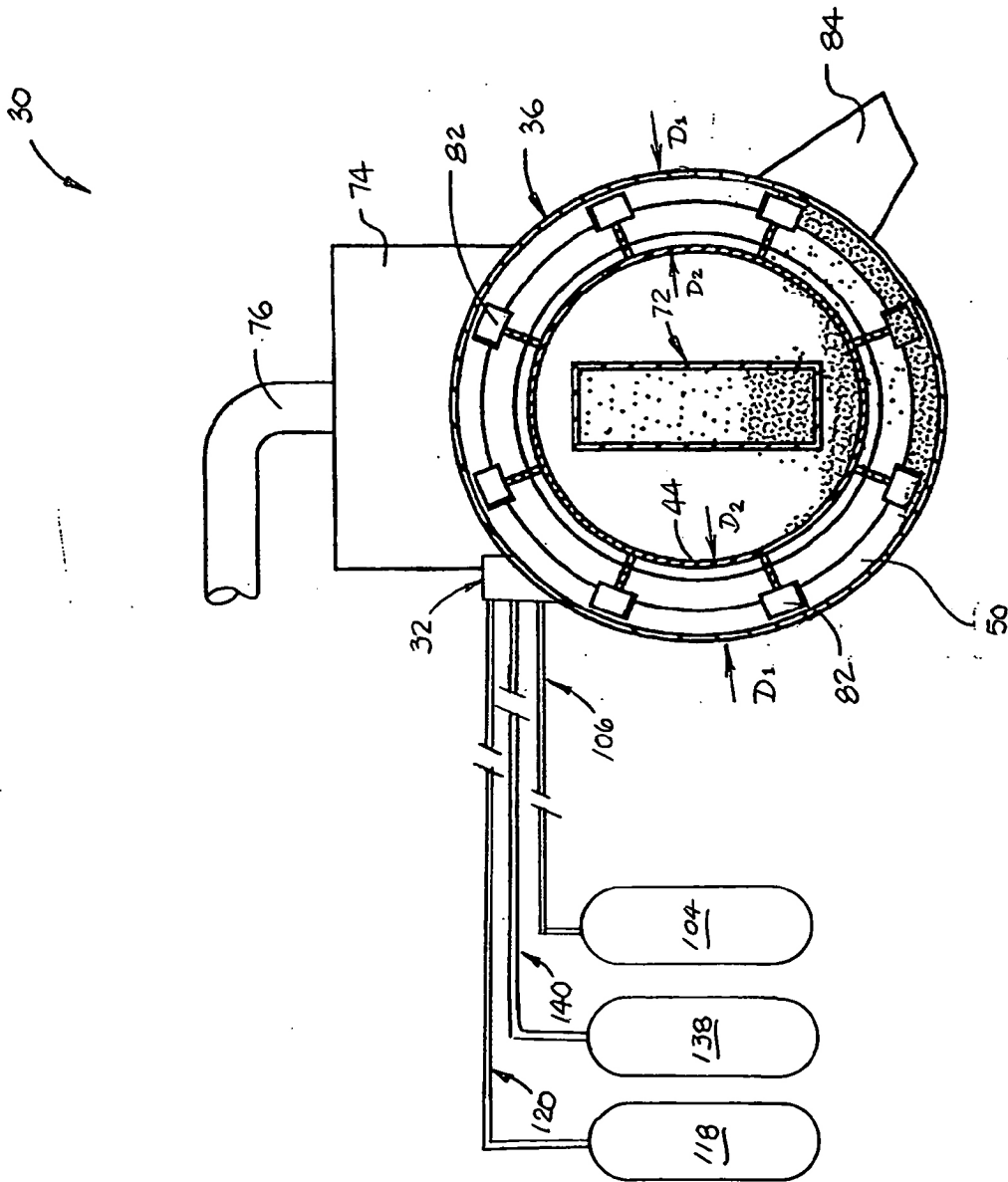
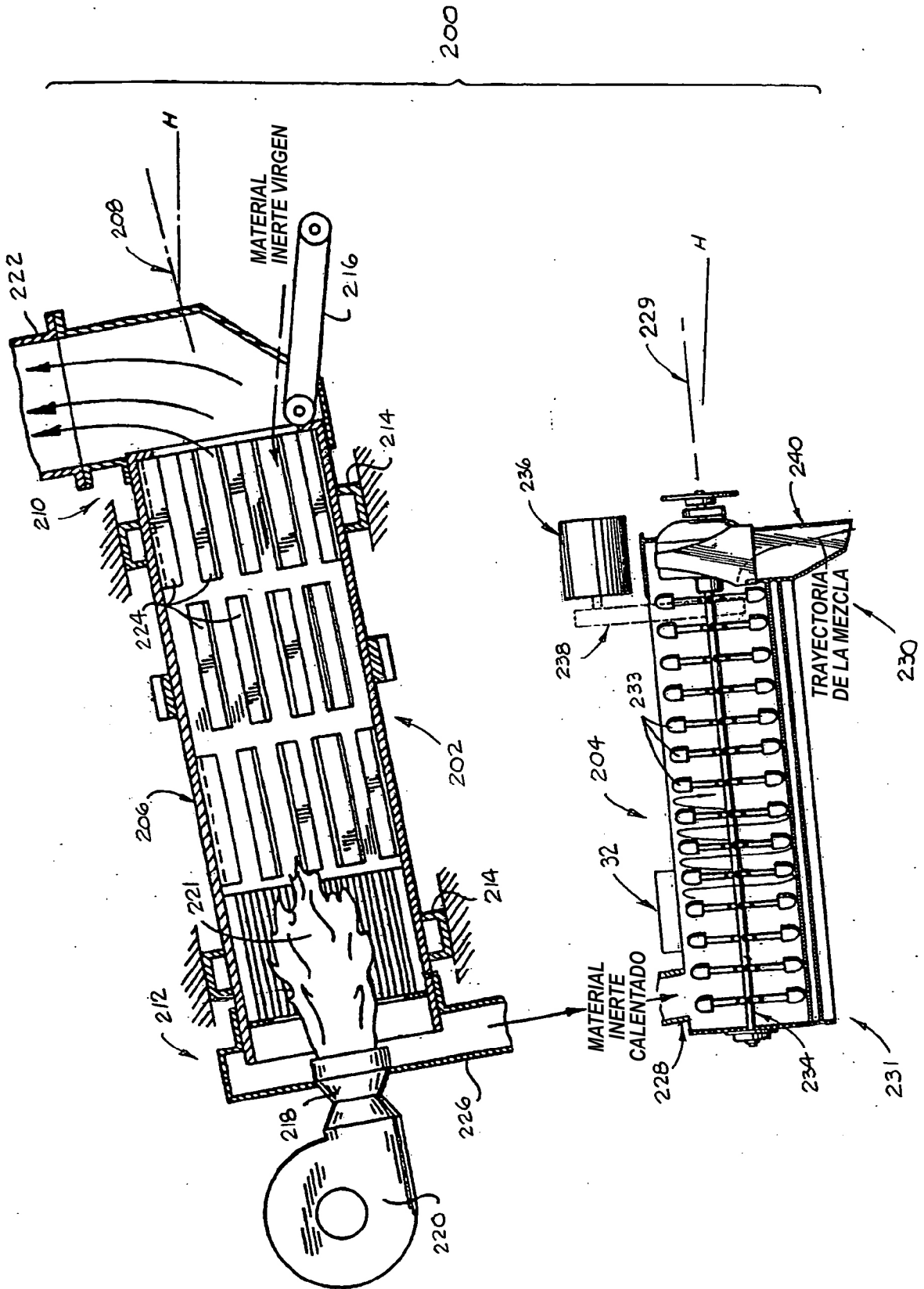


FIGURA 3



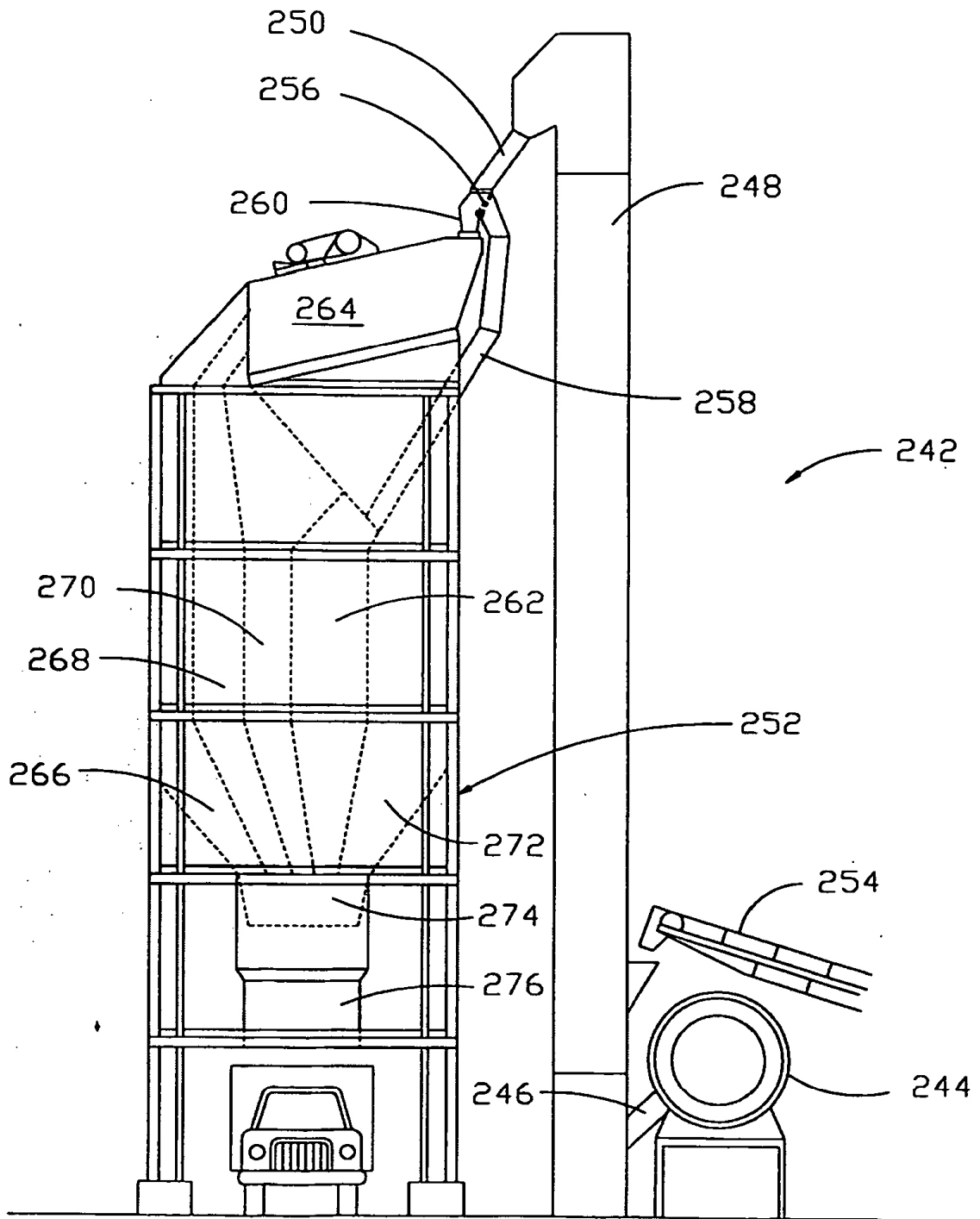


FIGURA 5

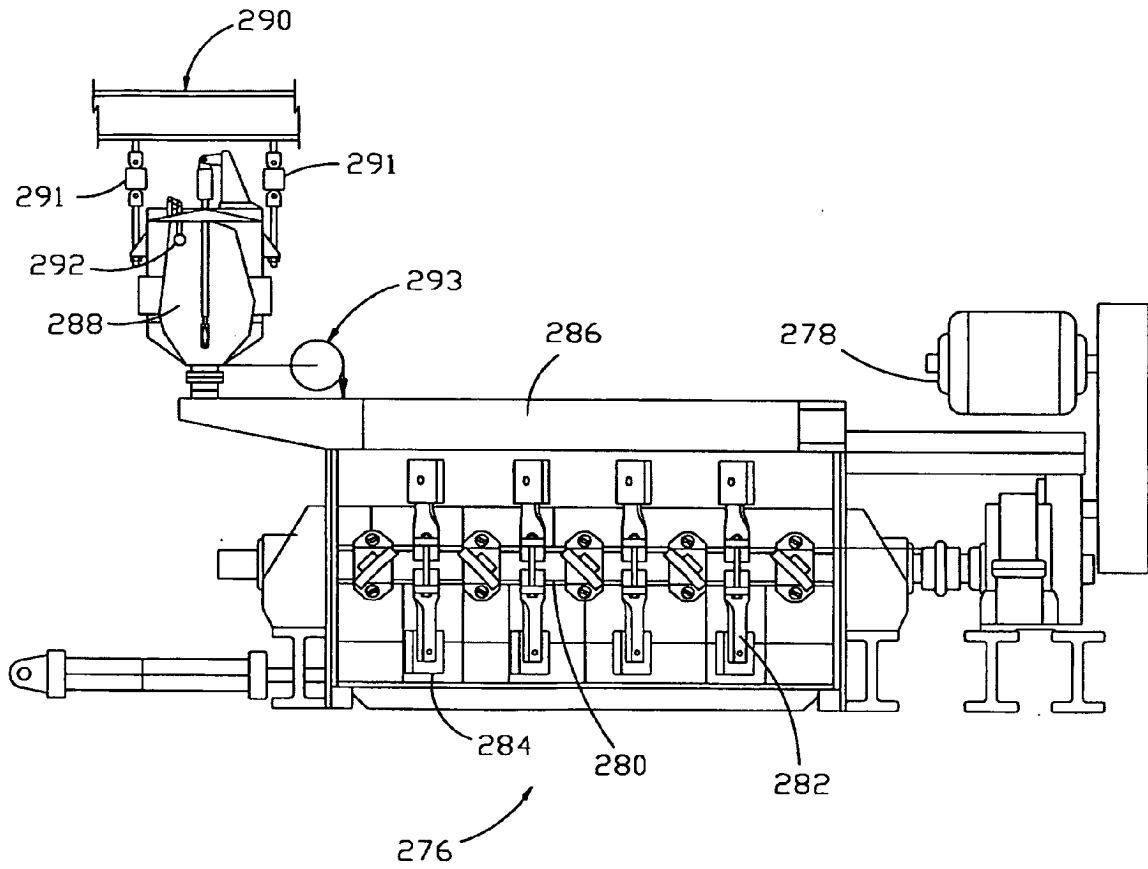


FIGURA 6

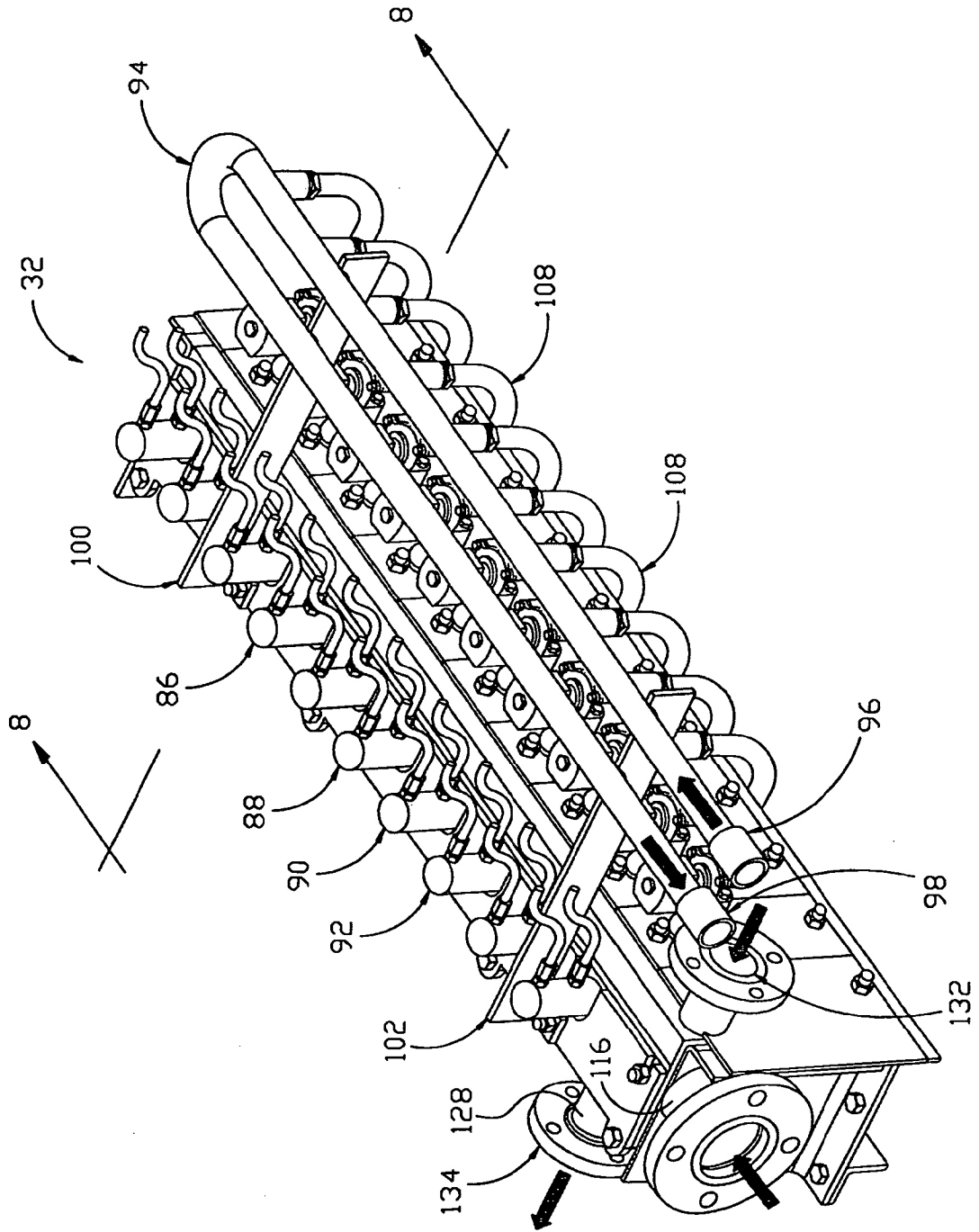


FIGURA 7

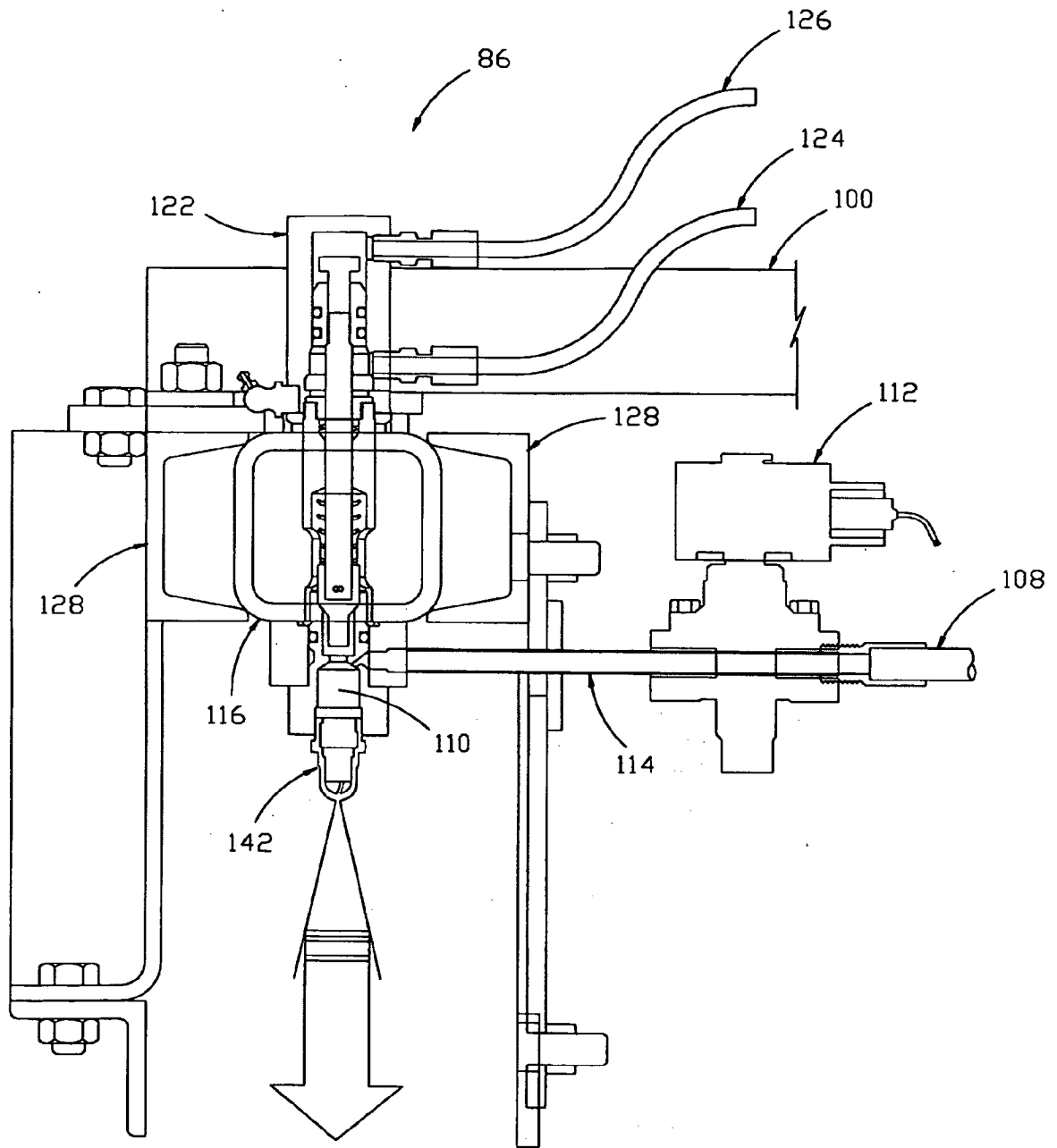


FIGURA 8

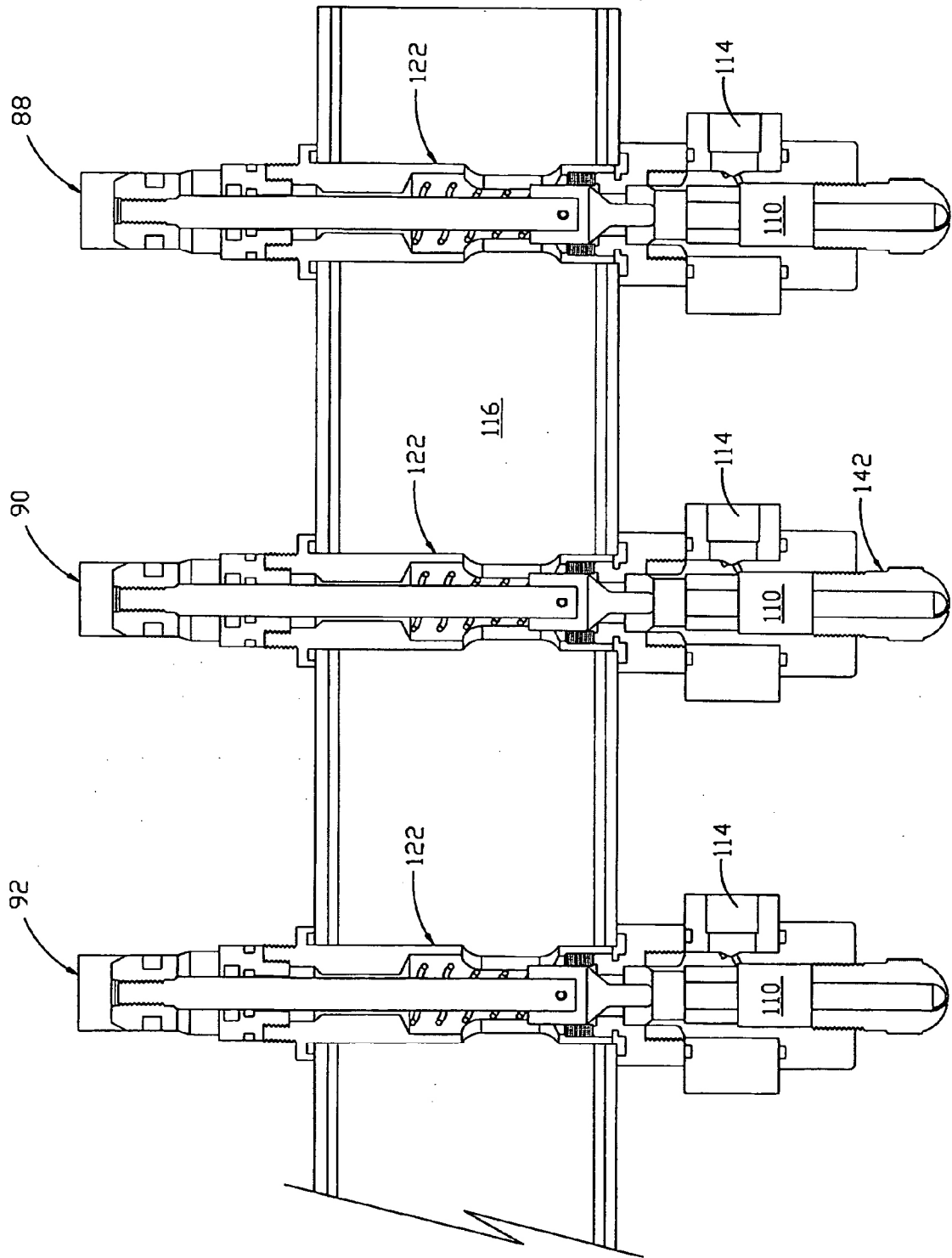


FIGURA 9

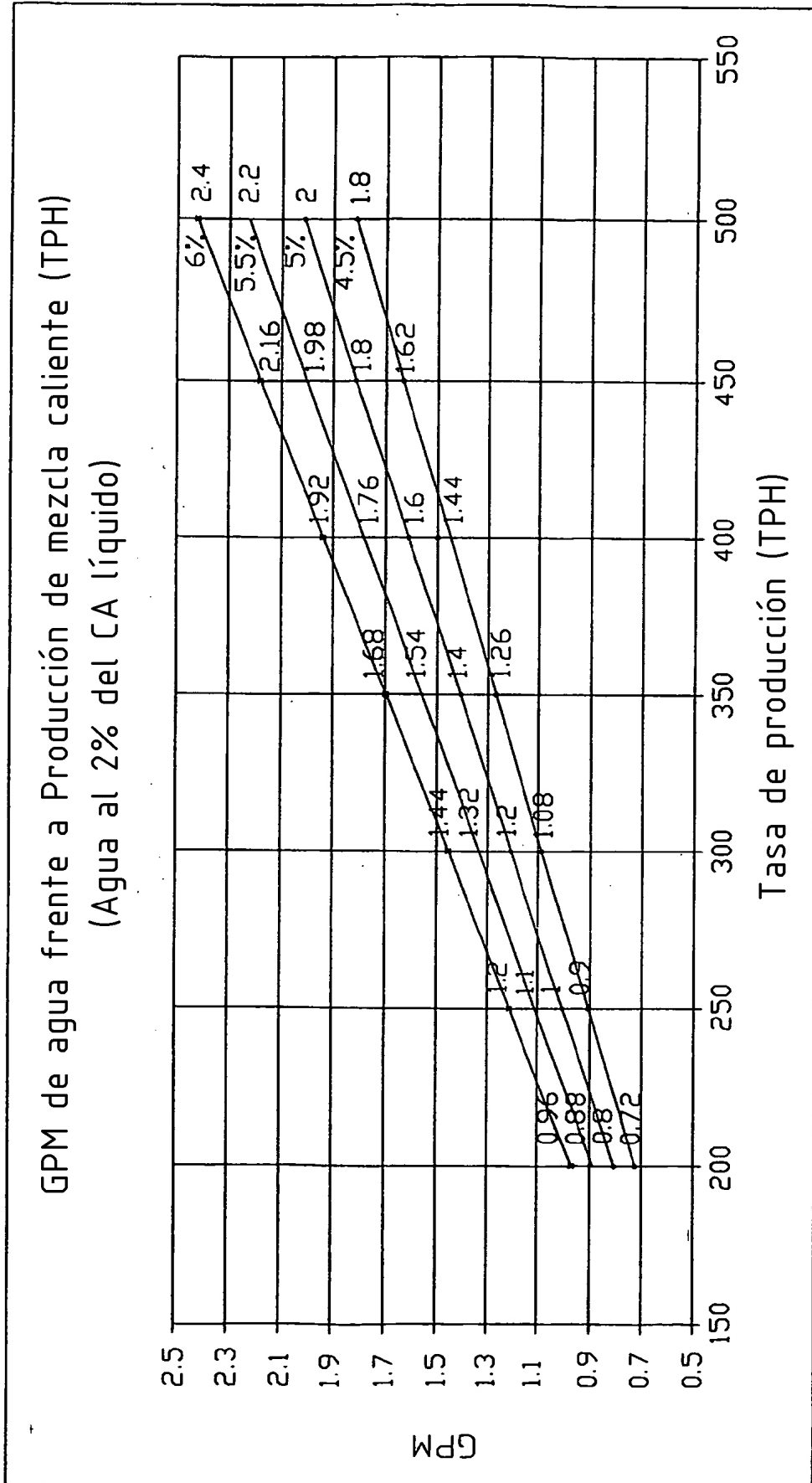


FIGURA 10

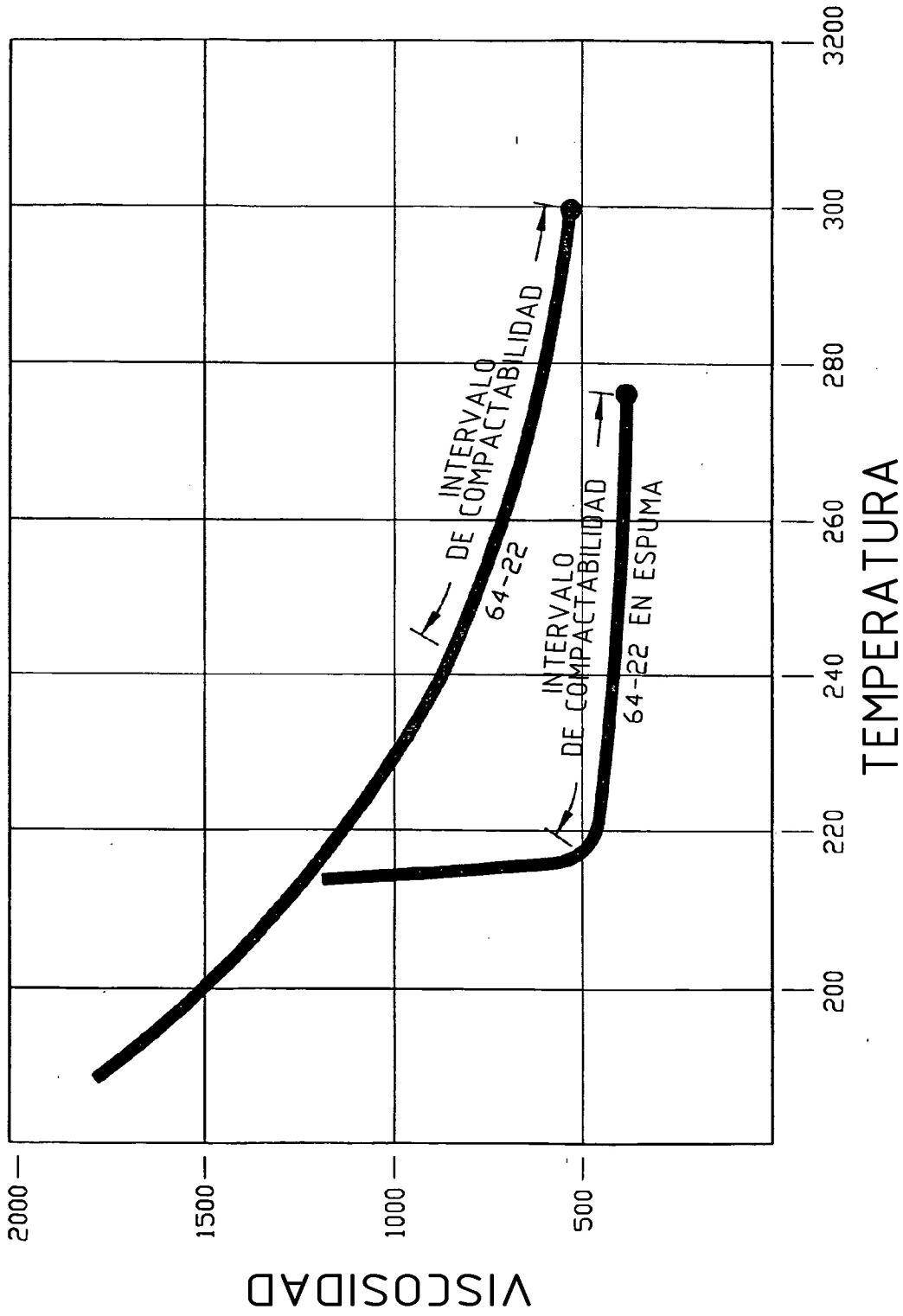


FIGURA 11

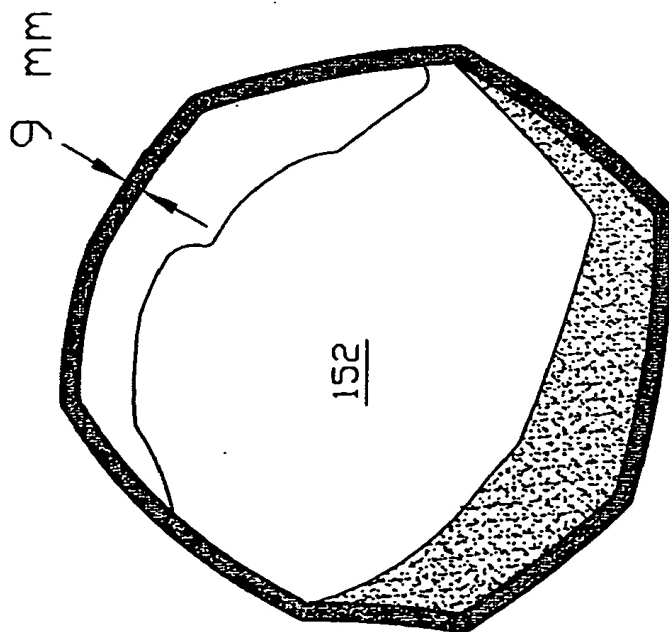
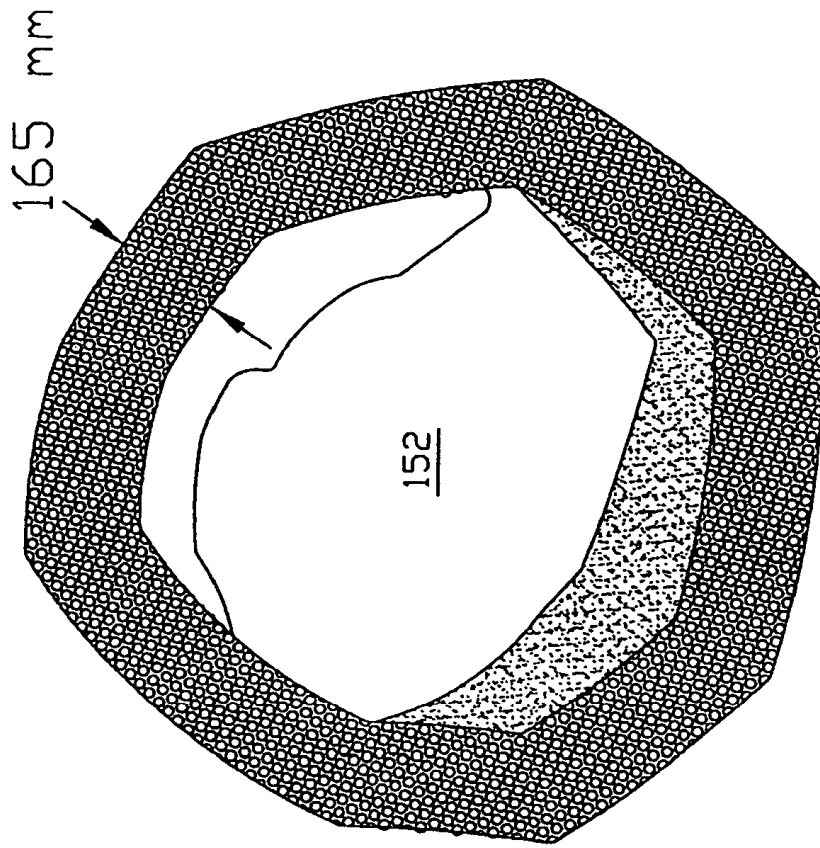


FIGURA 12

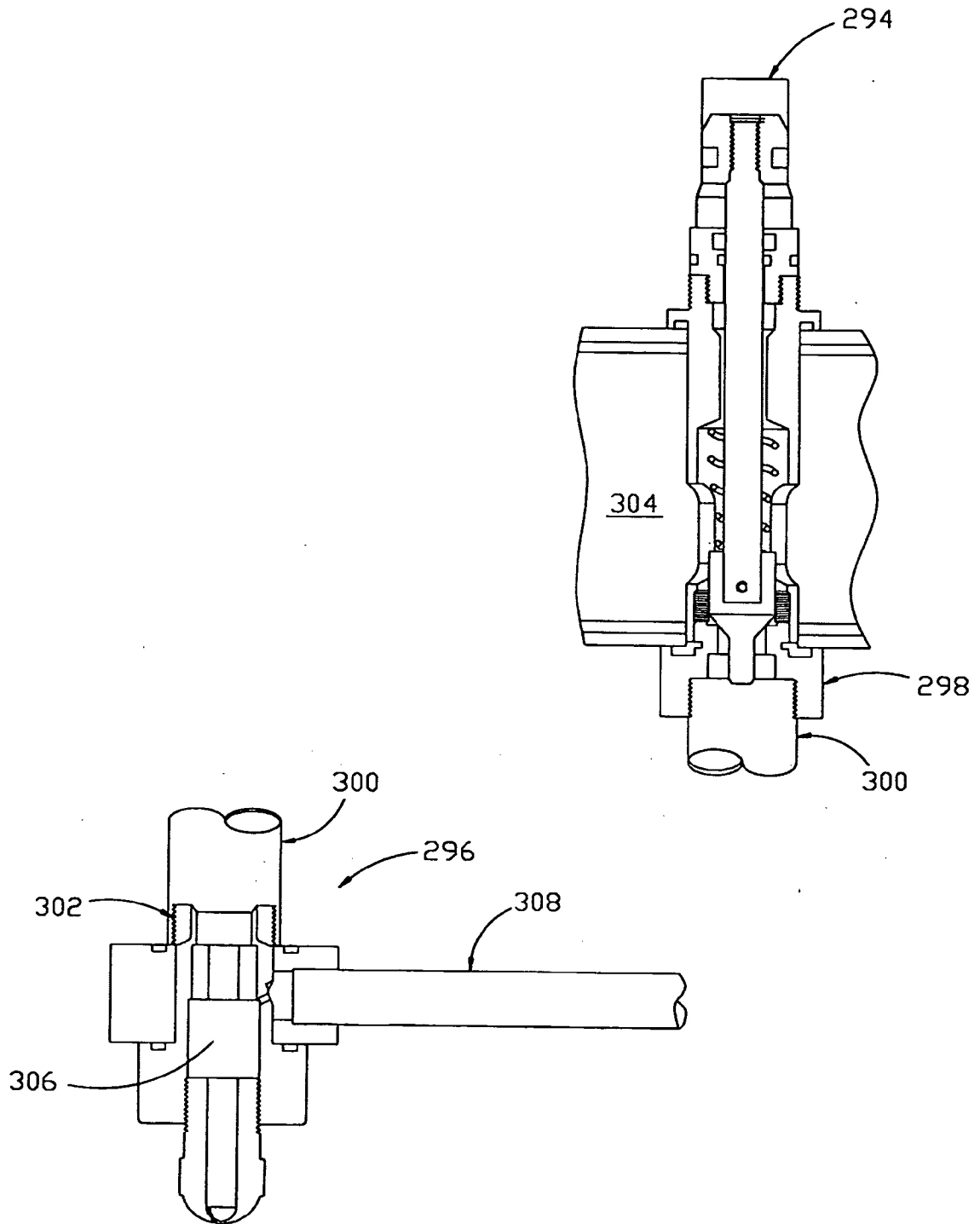


FIGURA 13

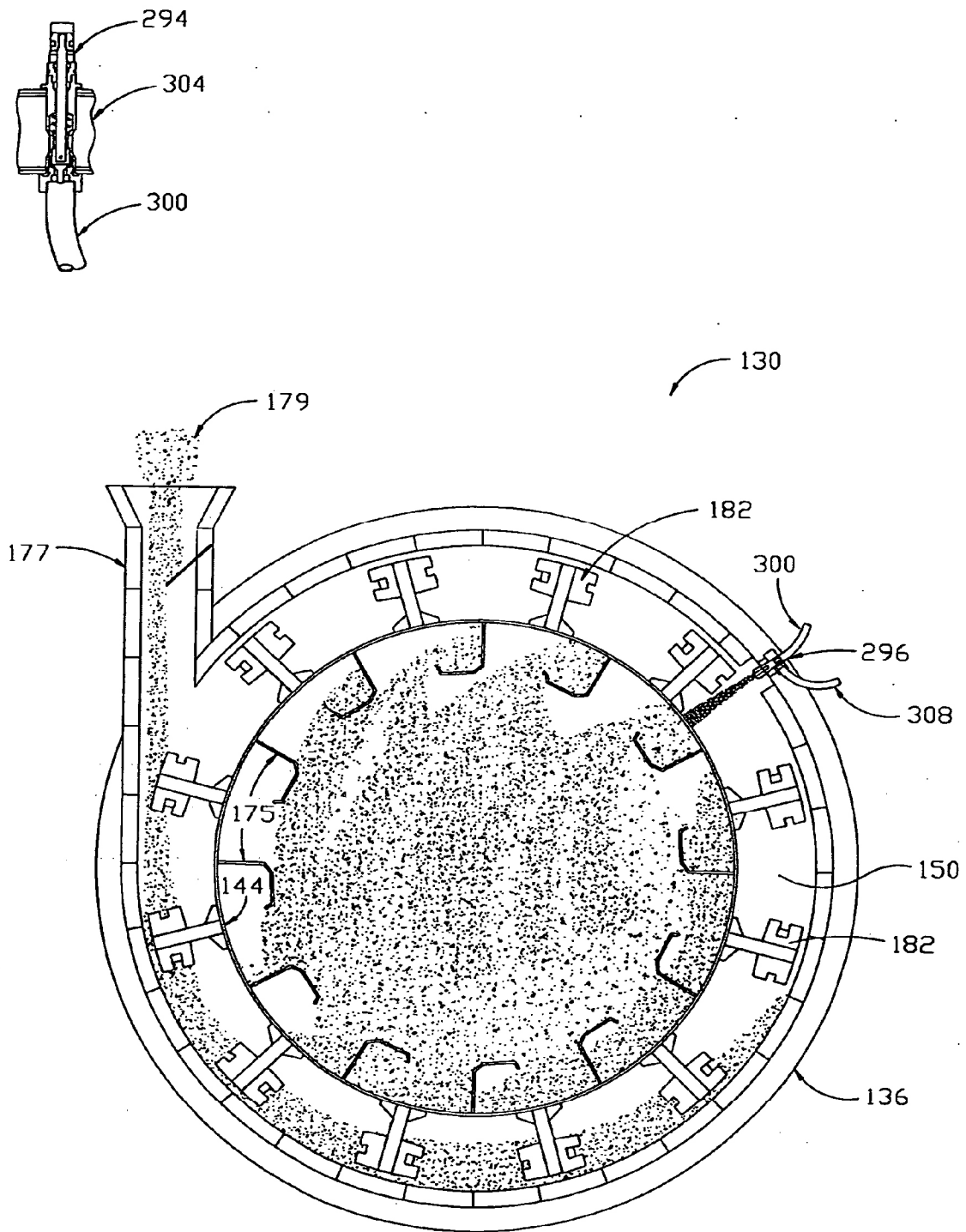


FIGURA 14

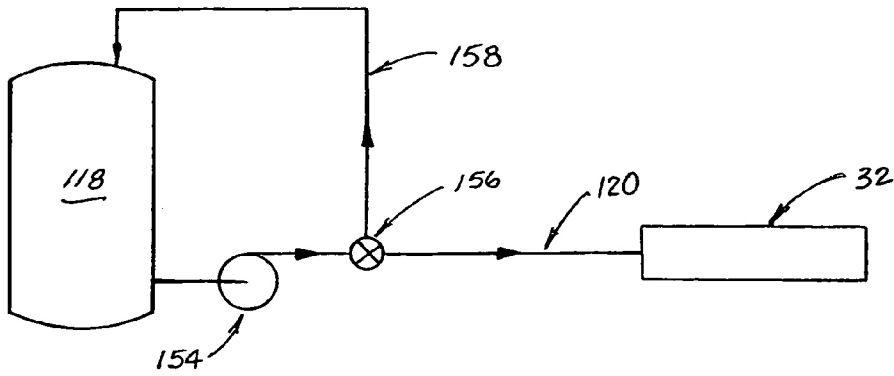


FIGURA 15

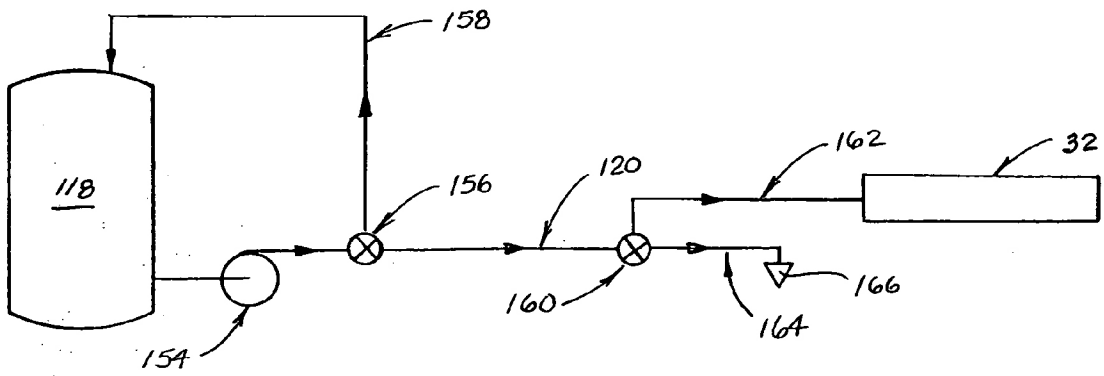


FIGURA 16

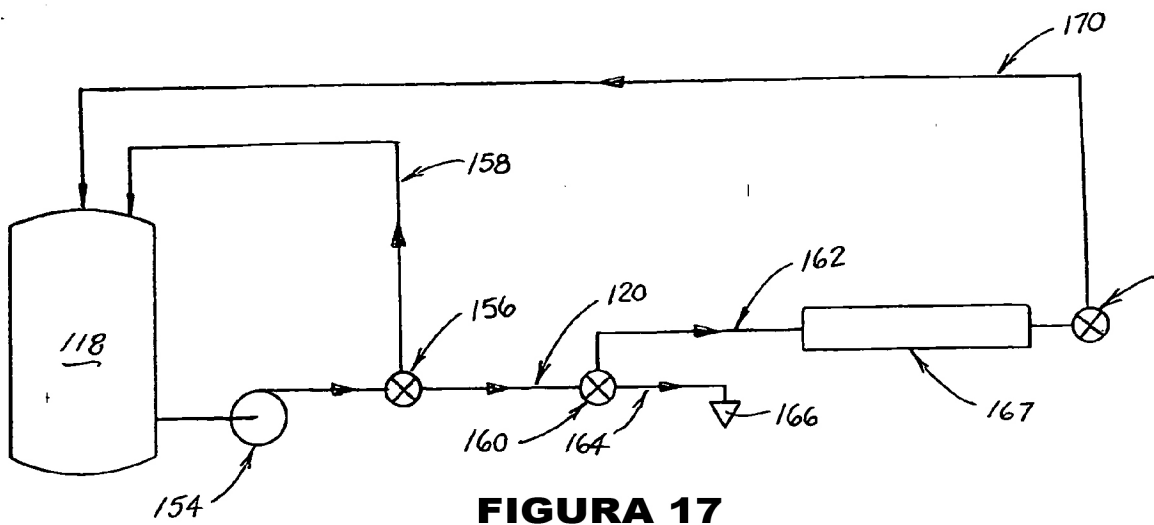


FIGURA 17

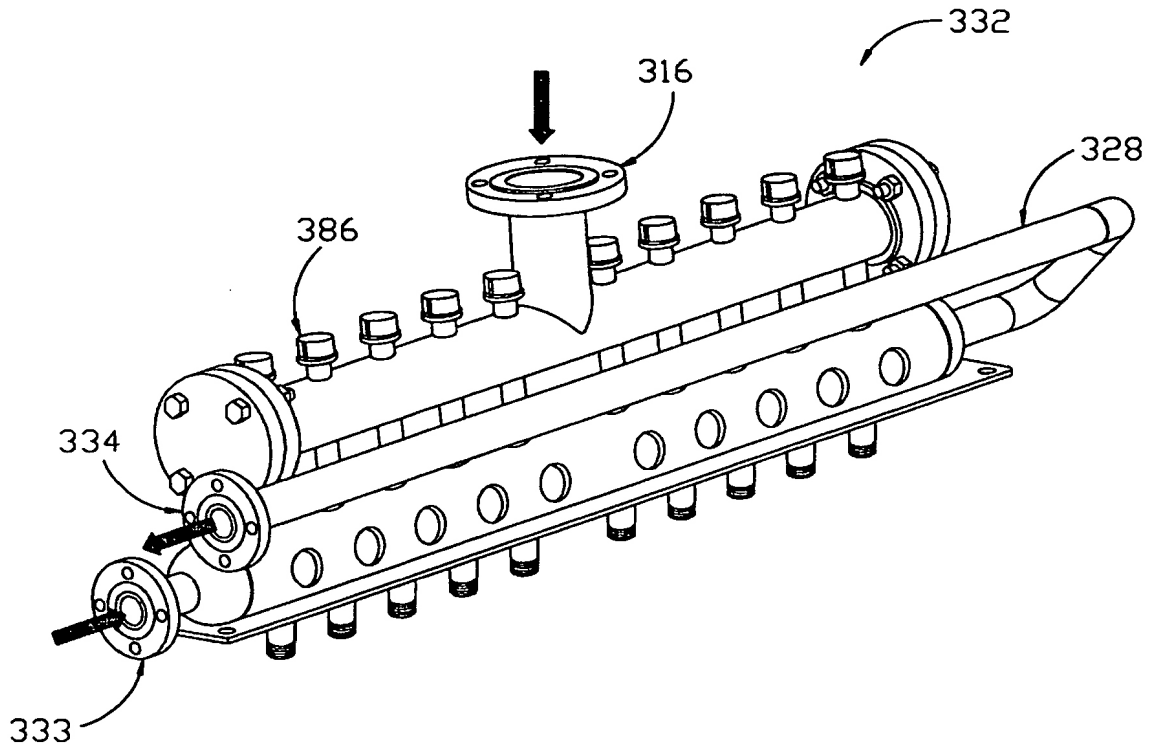


FIGURA 18

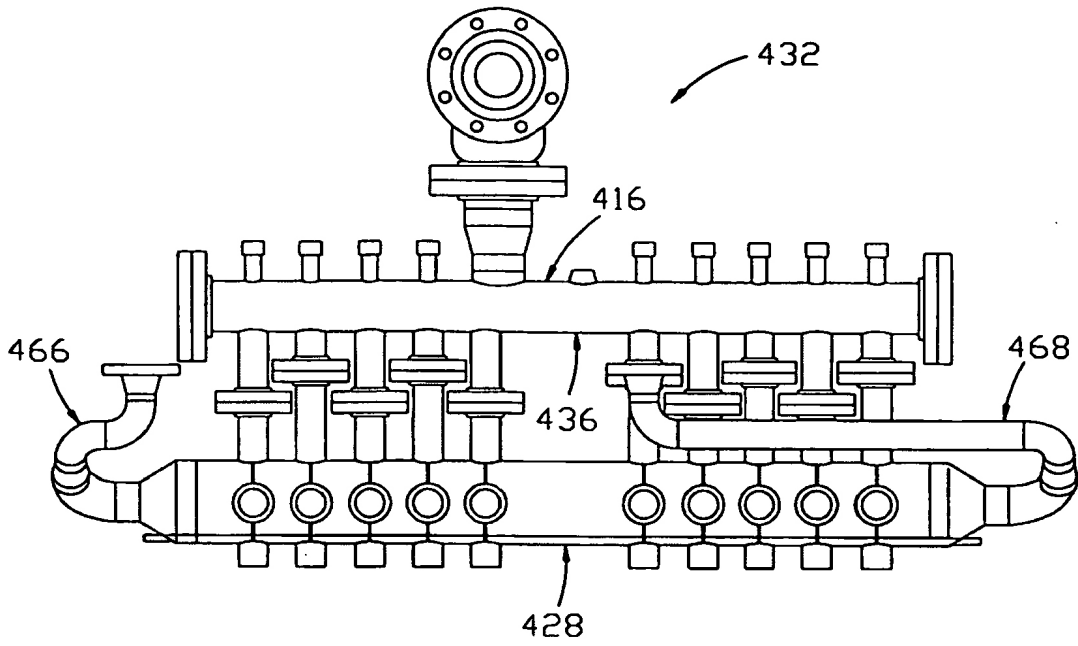


FIGURA 19

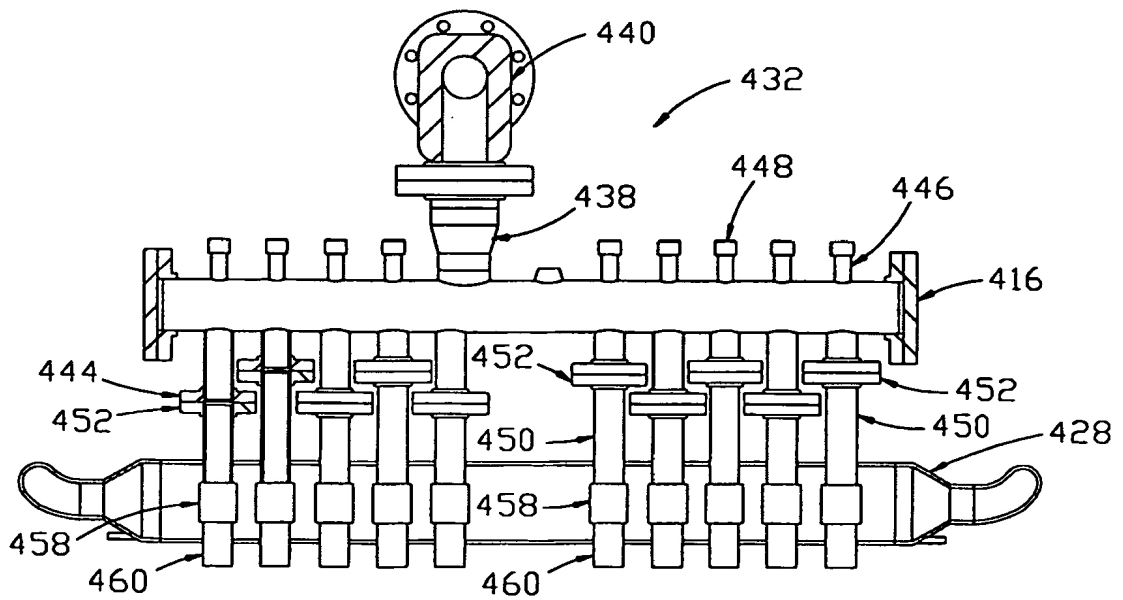


FIGURA 21

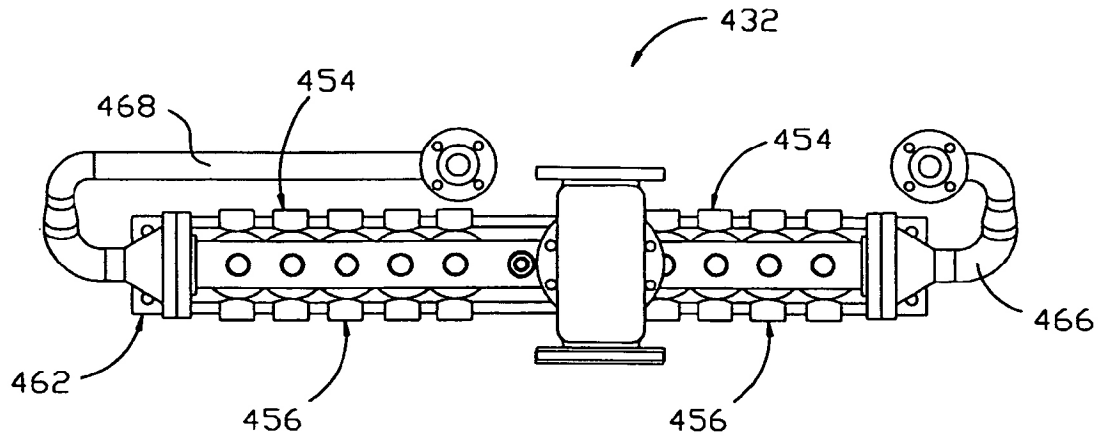


FIGURA 22

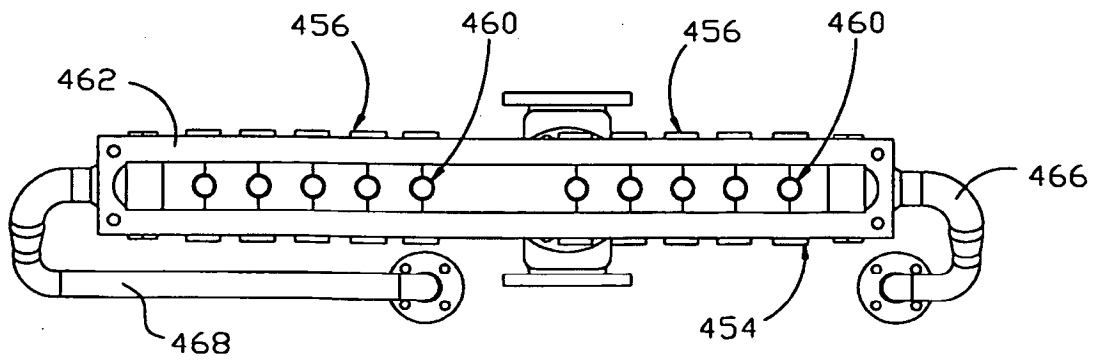


FIGURA 23

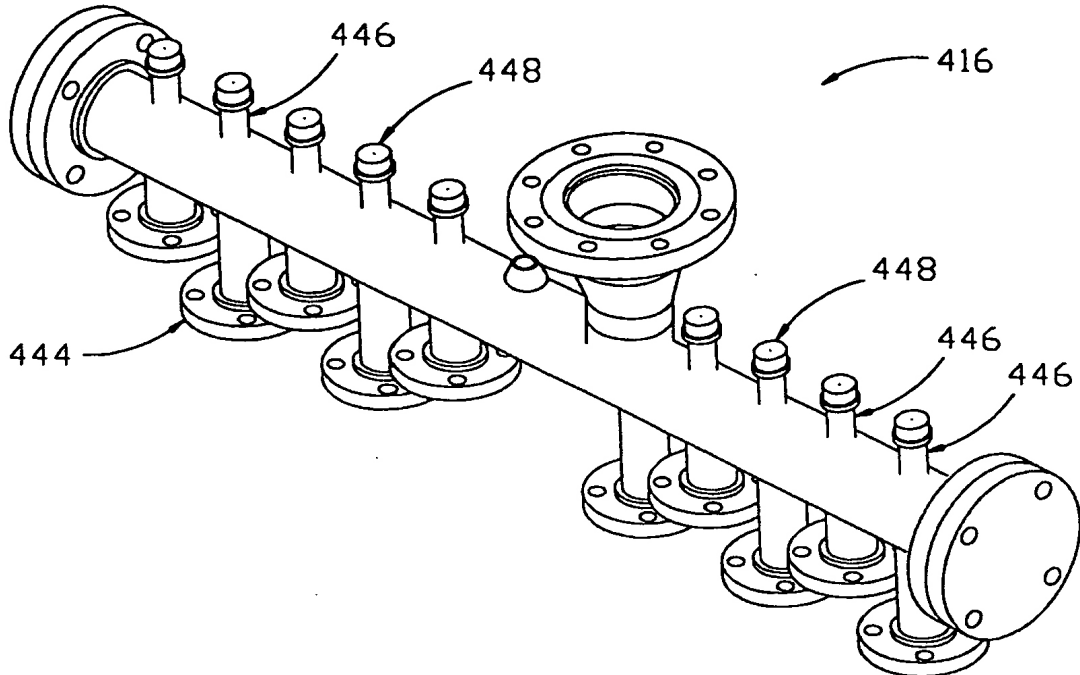


FIGURA 24

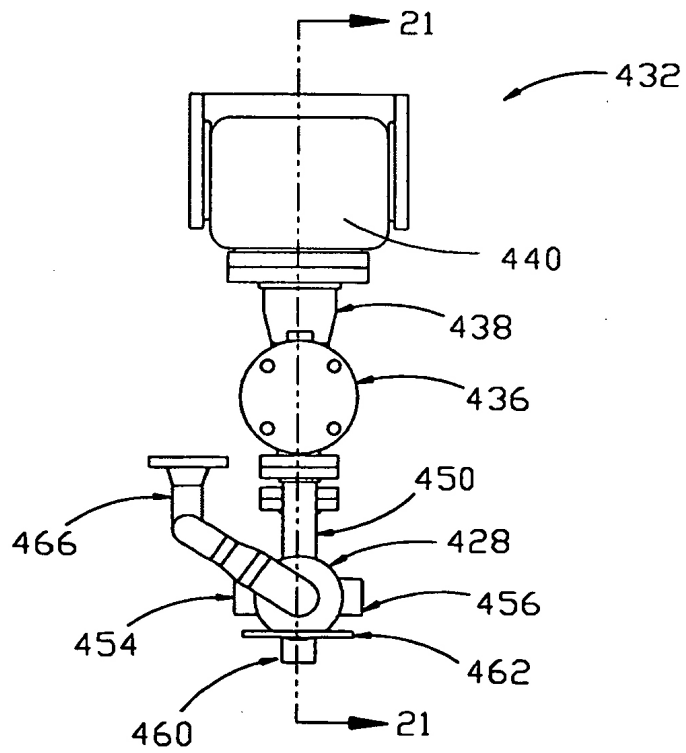


FIGURA 20

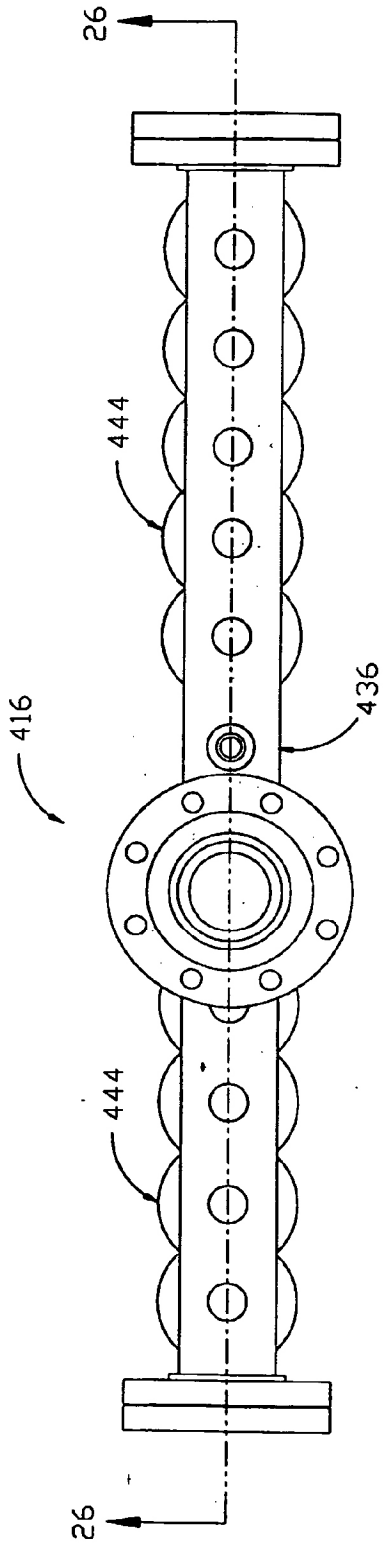


FIGURA 25

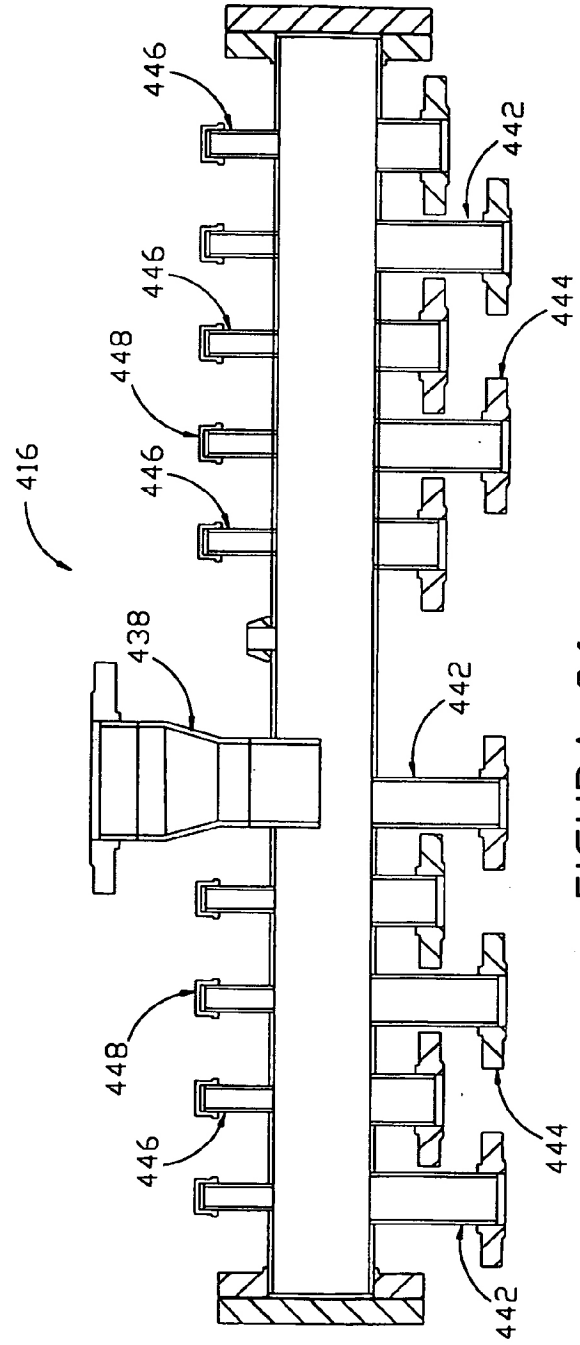


FIGURA 26

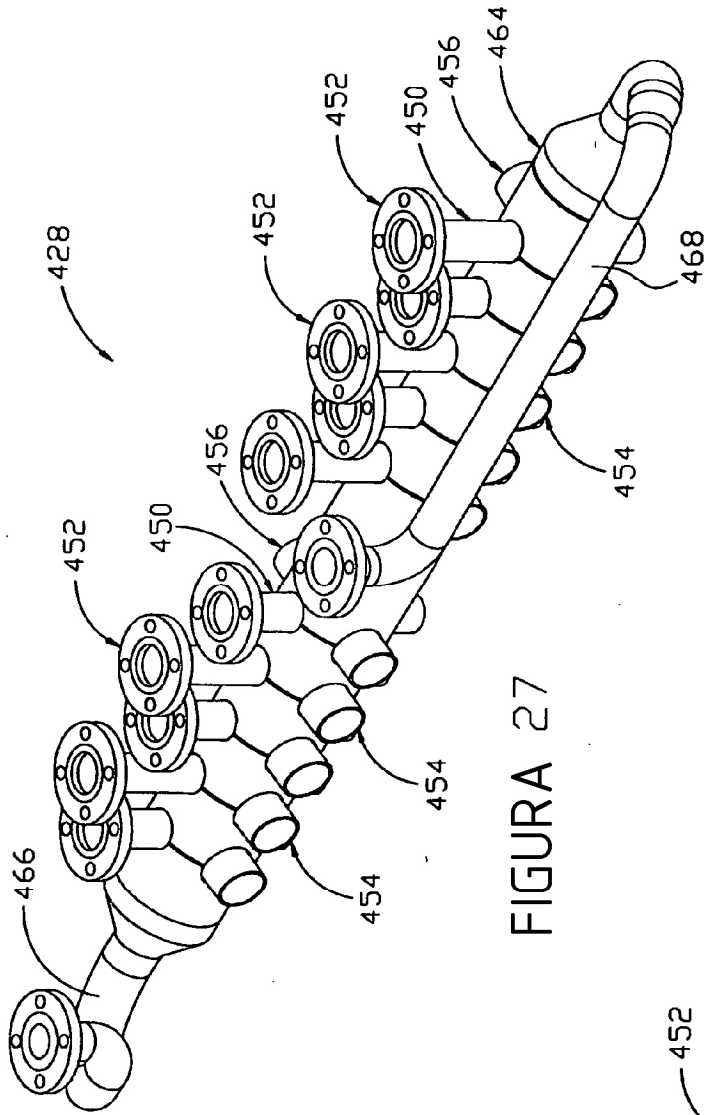


FIGURE 27

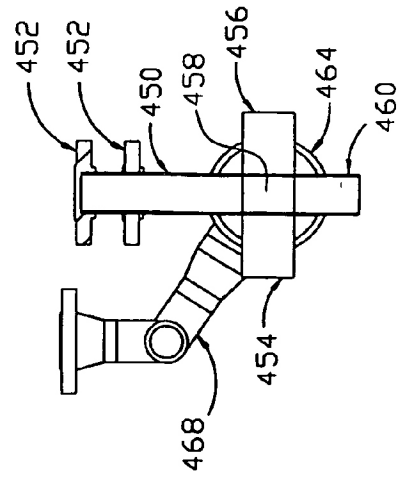


FIGURE 30

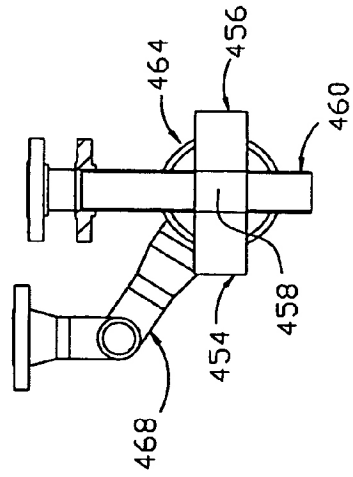


FIGURE 31

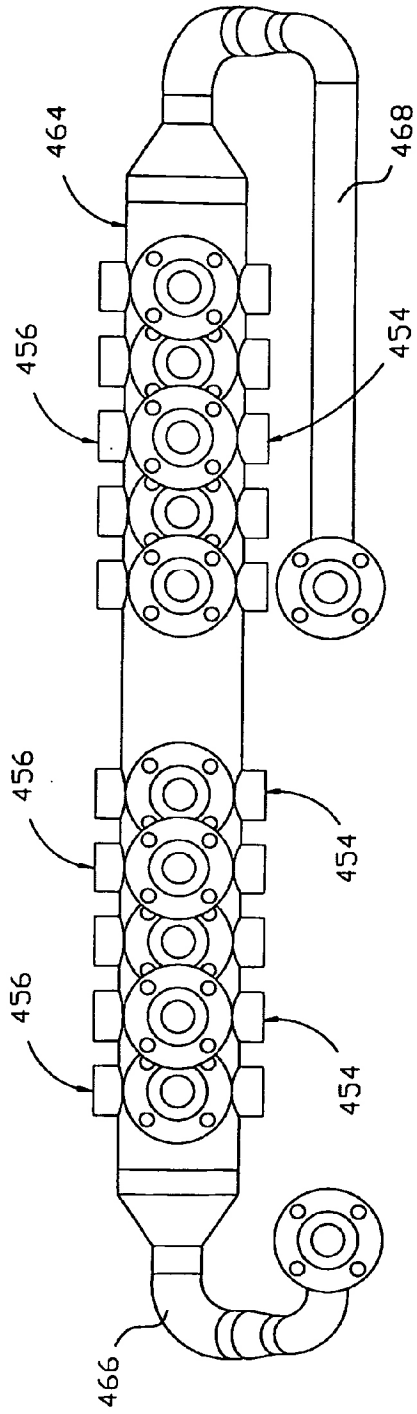


FIGURE 28

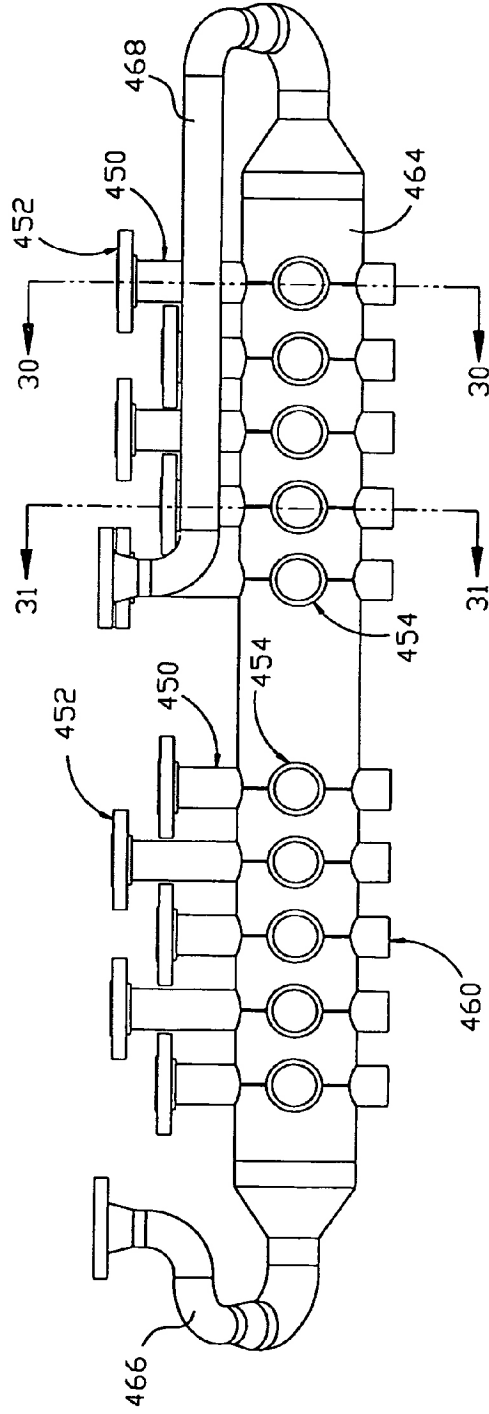


FIGURE 29