

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 316**

51 Int. Cl.:

F17C 5/06 (2006.01)

F17C 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2019 PCT/US2019/029388**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2019 WO19210197**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2019 E 19722458 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2022 EP 3784952**

54 Título: **Sistema de dispensación de fluido criogénico con un depósito de refrigeración**

30 Prioridad:

26.04.2018 US 201862662984 P

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

25.10.2022

73 Titular/es:

**CHART INC. (100.0%)
2200 Airport Industrial Drive, Suite 100
Ball Ground, GA 30107, US**

72 Inventor/es:

**THOR, ERIC;
DRUBE, THOMAS y
DRUBE, PAUL**

74 Agente/Representante:

BALLESTER INTELLECTUAL PROPERTY S.L.P.U

ES 2 926 316 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).

DESCRIPCIÓN

Sistema de dispensación de fluido criogénico con un depósito de refrigeración

REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD

- 5 **[0001]** Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud estadounidense provisional núm. 62/662,984, presentada el 26 de abril de 2018.

CAMPO DE LA INVENCION

- 10 **[0002]** La presente descripción hace referencia generalmente a sistemas de dispensación de fluidos criogénicos y, en concreto, a un sistema de dispensación de fluidos criogénicos que presenta un depósito de refrigeración para enfriar el fluido criogénico antes de la dispensación.

ANTECEDENTES

- 15 **[0003]** Los sistemas para dispensar fluidos criogénicos se utilizan en una variedad de aplicaciones. Debido al creciente interés por los combustibles alternativos de vehículos, las estaciones de combustible de hidrógeno para alimentar vehículos eléctricos de pila de combustible están aumentando su popularidad. Existen estaciones de servicio de hidrógeno accionadas por compresor y por bomba. En una estación de servicio típica con compresor, se envía el hidrógeno desde un tanque líquido o un tanque gaseoso hasta un tanque de almacenamiento intermedio de 103,4 MPa (15 000 psig) a través de un compresor. En una estación de servicio típica con bomba, el hidrógeno líquido se envía a un vaporizador y, después, al tanque de almacenamiento intermedio de 103,4 MPa (15 000 psig) a través de una bomba de desplazamiento positiva.

- 20 **[0004]** Un tanque de almacenamiento de hidrógeno líquido sirve como el recipiente primario para cualquier tipo de estación de servicio. La ventaja de la estación de servicio con compresor es que se extrae el vapor criogénico de la parte superior del recipiente de almacenamiento. Esto retira más calor del sistema que bombeando líquido desde la parte inferior del recipiente de almacenamiento. Por consiguiente, la solución del compresor es mejor en términos de gestión del calor. La desventaja de la estación de servicio con compresor es que los compresores tienen la mala reputación de necesitar reparaciones y también consumen más energía que las bombas. Esto se debe a que es más fácil mover un determinado caudal másico de líquido mediante bombeo que el mismo caudal másico de gas mediante un compresor. Las bombas de desplazamiento positivo también pueden necesitar reparaciones, pero muchas veces ese mantenimiento puede gestionarse mediante la sustitución de juntas tóricas u otros componentes fácilmente reemplazables.

- 25 **[0005]** La estación de servicio con compresor calentará el gas de hidrógeno antes de entrar en el compresor. La estación de servicio con bomba de desplazamiento positivo vaporizará y calentará el hidrógeno después de la bomba.

- 30 **[0006]** En cualquier solicitud, el gas de hidrógeno se almacena en tanque(s) intermedio(s) de alta presión que están a temperatura ambiente. Una práctica común es enfriar el hidrógeno entre el (los) tanque(s) intermedio y el dispensador. Esto garantiza que se almacene más masa en el tanque de combustible del vehículo que la que puede albergar el hidrógeno a temperatura ambiente a 68,9 MPa (10 000 psi). Por consiguiente, el gas de hidrógeno se enfría a -40 °C (-40 grados Fahrenheit) antes de entrar en el tanque de combustible del vehículo.

- 35 **[0007]** En el caso de la estación de servicio con compresor, el gas de hidrógeno se enfría normalmente entre el (los) tanque(s) intermedio(s) y el dispensador mediante los refrigeradores, donde se bombea el refrigerante o se suministra de otra manera a los refrigeradores.

- 40 **[0008]** En el caso de la estación de servicio con bomba, el gas de hidrógeno se enfría, normalmente, entre el (los) tanque(s) intermedio(s) y el dispensador mezclando hidrógeno líquido con el gas de hidrógeno del tanque intermedio caliente. Si hay una acumulación de vehículos que se abastecen uno tras otro, esto no supone un problema. En este caso, la bomba funciona casi sin parar y la capacidad de mezclar está disponible. Sin embargo, durante las de menos afluencia, el abastecimiento de vehículos no es continuo. Si el tanque intermedio es lo suficientemente grande como para albergar el abastecimiento de combustible de algunos vehículos sin hacer funcionar la bomba, entonces sería deseable evitar poner en marcha la bomba para cada vehículo. Los ciclos de arranque y parada son un contribuidor importante para la degradación de la junta de la bomba. US2015/204485 describe una estación y un método para suministrar combustible fluido inflamable. La estación comprende un primer tanque criogénico para almacenar combustible inflamable en forma de líquido criogénico, un segundo tanque criogénico para almacenar gas no inflamable y gas inerte almacenado en forma de líquido criogénico, un circuito de refrigeración en una relación de intercambio de calor con el primer tanque, el circuito de refrigeración comprendiendo un extremo a contracorriente conectado al segundo tanque criogénico para extraer el fluido criogénico del segundo tanque criogénico con el fin de ceder las frigorías del fluido del segundo tanque criogénico al primer tanque, la estación comprendiendo un circuito para retirar el fluido del segundo tanque. La estación

incluye un detector de fugas de combustible del primer tanque y un elemento controlado para abrir una parte del circuito de extracción, el elemento de apertura siendo controlado automáticamente en respuesta a una detección de una fuga por el detector para liberar fluido proveniente del segundo tanque criogénico para hacer que un volumen dentro de la estación sea inerte. No existen medios por los que la temperatura del criogénico pueda ajustarse mejor.

5 RESUMEN

[0009] En un aspecto, se describe un sistema para dispensar un fluido criogénico según la reivindicación independiente número 1.

[0010] En otro aspecto más, se describe un método para dispensar un fluido criogénico según la reivindicación independiente número 15.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011]

La figura 1 es un diagrama esquemático de una primera forma de realización de un sistema de dispensación de fluidos criogénicos de la descripción;

15 La figura 2 es un diagrama esquemático de una segunda forma de realización del sistema de dispensación de fluidos criogénicos de la descripción;

La figura 3 es un diagrama esquemático de una tercera forma de realización del sistema de dispensación de fluidos criogénicos de la descripción;

La figura 4A es un diagrama esquemático de una cuarta forma de realización del sistema de dispensación de fluidos criogénicos de la descripción;

20 La figura 4B es un diagrama esquemático del sistema de la figura 4A que ilustra una recarga del tanque a granel;

La figura 4C es un diagrama esquemático del sistema de la figura 4A que ilustra una operación de dispensación;

La figura 4D es un diagrama esquemático del sistema de la figura 4A que ilustra una operación de ventilación;

La figura 4E es un diagrama esquemático del sistema de la figura 4A que ilustra la preparación del sistema para el mantenimiento de la bomba;

25 La figura 5 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un conducto de refrigeración.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

[0012] En un número de formas de realización de la presente invención, descritas más detalladamente a continuación, se proporciona un depósito o tanque de refrigeración que contiene un fluido intermedio. Este componente sustituye el gas de hidrógeno caliente y el hidrógeno frío mezclando un componente de la estación de servicio con bomba descrita anteriormente. En dicho sistema, el hidrógeno que se vaporiza al viajar desde un tanque de almacenamiento a granel enfría el fluido intermedio mientras que el fluido intermedio del depósito de refrigeración enfría el hidrógeno caliente que viaja desde el tanque intermedio. En otras palabras, el sistema utiliza el fluido intermedio del depósito de refrigeración para refrigerar gas de hidrógeno proveniente de un tanque intermedio a temperatura ambiente antes de que se envíe a un dispensador. El hidrógeno criogénico enfría el fluido intermedio antes de que se envíe el hidrógeno caliente al tanque intermedio a temperatura ambiente de alta presión. Como resultado, el fluido intermedio actúa como una batería o disipador de calor.

[0013] Aunque las formas de realización de la descripción se describen a continuación como dispensadoras de hidrógeno, la tecnología de la descripción puede utilizarse para dispensar otros fluidos criogénicos. Tal y como se utiliza en el presente documento, los términos «fluido criogénico», «líquido criogénico» o «criógeno» se definen como un fluido que tiene un punto de ebullición normal por debajo de -90 °C (-130 °F).

[0014] Aunque el dióxido de carbono es útil como un fluido intermedio debido a su alta masa térmica y atributos de cambio de fase, y se describe como el fluido intermedio en las formas de realización presentadas a continuación, pueden utilizarse fluidos intermedios comprimibles alternativos. Algunos ejemplos de estos fluidos alternativos incluyen, pero no se limitan a, neón, propano, etano, etileno y monóxido de carbono.

45 **[0015]** En formas de realización donde el fluido criogénico es hidrógeno, se proporciona el depósito de refrigeración del dióxido de carbono con reguladores y establecedores de presión para garantizar que se mantiene cerca de -40 °C (-40 grados Fahrenheit).

5 **[0016]** Si se utiliza dióxido de carbono como el fluido intermedio, se debe tener cuidado con el sistema diseñado para evitar la congelación. La temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-40 grados Fahrenheit) mencionada anteriormente es superior a la temperatura de congelación de sólidos de $78,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-109 grados Fahrenheit) para dióxido de carbono a temperatura ambiente. Esto hace que la temperatura del dióxido de carbono pueda controlarse mediante la regulación de presión del tanque de almacenamiento del dióxido de carbono.

10 **[0017]** Se presenta una primera forma de realización del sistema de la descripción en la Fig. 1. Un tanque de almacenamiento intermedio 10, que se cubre preferiblemente, contiene un suministro de hidrógeno líquido 12. Una bomba 14 tiene una entrada en comunicación fluida con el tanque intermedio 10 y una salida conectada al conducto 16a, que consta de la válvula 18a. El conducto 16a conduce a una bobina de intercambiador de calor 22a, que está colocada dentro de un espacio de un tanque de almacenamiento de fluido intermedio 24a. El espacio se forma en el tanque 24a sobre un fluido intermedio 26a, que puede ser dióxido de carbono. La salida de la bobina 22a está en comunicación fluida con la entrada de un intercambiador de calor 28, que puede ser un intercambiador de calor ambiental. La salida del intercambiador de calor 28 está en comunicación fluida con el tanque de compensación 32. Aunque se muestra solamente un tanque de compensación 32, el sistema puede incluir diversos tanques intermedios. La salida del tanque intermedio 15 está en comunicación fluida con la entrada de una bobina de refrigeración 34 mediante un conducto 36. La salida de la bobina de refrigeración 34 está conectada a un dispensador 38 que puede ser, a modo de ejemplo solamente, una boquilla y/o válvula dispensadora, y puede o no incluir un medidor de flujo másico, para repostar un vehículo.

20 **[0018]** La salida de la bomba 14 también es una salida conectada al conducto 16b, que se proporciona con la válvula 18b. El conducto 16b conduce a una bobina de intercambiador de calor 22b que está colocada dentro del espacio de un tanque de almacenamiento de fluido intermedio 24b. El espacio está formado en un tanque 24b sobre un fluido intermedio 26b, que puede ser dióxido de carbono. La salida de la bobina 22b está en comunicación fluida con la entrada de un intercambiador de calor 28.

25 **[0019]** Los lados líquidos de tanques de almacenamiento de fluido intermedio 24a y 24b están selectivamente en comunicación fluida con un depósito o tanque de refrigeración 42, dentro de los cuales está colocada una bobina de refrigeración 34. A modo solamente de ejemplo, el depósito de refrigeración 42 y la bobina de refrigeración 34 pueden adoptar la forma de un intercambiador de calor de carcasa y tubos. Más concretamente, el conducto 44a, que consta de una válvula 46a, conduce desde el lado líquido del tanque 24a hasta el conducto 48, que conduce hasta el depósito de refrigeración 42. El conducto 44b, que consta de una válvula 46b, conduce desde el lado líquido del tanque 24b hasta el conducto 48.

30 **[0020]** Un conducto de ventilación 52, que consta de una válvula de control de ventilación 54, conduce desde el espacio del depósito de refrigeración 42 hasta las válvulas 56a y 56b, que se comunican selectivamente con los espacios de los tanques 24a y 24b, respectivamente.

35 **[0021]** En vista de lo mencionado anteriormente, el sistema de la Fig. 1 proporciona dos tanques idénticos de fluidos intermedios (dióxido de carbono en la forma de realización ilustrada) – tanque 24a y tanque 24b. el dióxido de carbono líquido puede moverse desde el tanque 24a hasta el tanque 24b mediante el depósito de refrigeración 42 o desde el tanque 24b hasta el tanque 24a mediante el depósito de refrigeración 42, tal y como se explicará a continuación.

[0022] En las formas de realización donde se utiliza el hidrógeno como fluido dispensado, todos los tanques y tuberías que manejen el hidrógeno deberían ser de acero inoxidable. Cuando se utiliza dióxido de carbono como el fluido intermedio, los componentes que lo manejen también deberían estar hechos de acero inoxidable.

40 **[0023]** A modo de ejemplo de funcionamiento del sistema de la Fig. 1, hay que suponer que la válvula 18a está inicialmente abierta y la válvula 18b está inicialmente cerrada. Como resultado, la activación de la bomba 14 hace que el hidrógeno líquido viaje a la bobina 22a, donde se calienta por el vapor de dióxido de carbono en el espacio del tanque 24a para acercarse a la temperatura del fluido intermedio. El hidrogeno calentado viaja, entonces, a través de un intercambiador de calor ambiental 28, donde se calienta para acercarse a la temperatura ambiente. El gas de hidrógeno resultante viaja entonces al tanque de compensación 32 donde se almacena, a modo de ejemplo solamente, a $68,9\text{ MPa}$ - $103,4\text{ MPa}$ (10 000 – 15 000 psig) a temperatura ambiente. Cuando el dispensador 38 se activa, como durante el repostaje de un vehículo, el gas de hidrógeno del tanque de compensación 32 fluye a través de la bobina de refrigeración 34 del depósito de refrigeración 42, donde se enfría por el dióxido de carbono líquido 62 contenido dentro del depósito de refrigeración 42. El fluido de hidrógeno enfriado se dispensa entonces al vehículo. El combustible de hidrógeno se equilibra, pero solamente 45 a modo de ejemplo, idealmente a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) en el depósito de refrigeración.

[0024] Los tanques 24a y 24b pueden funcionar para proporcionar dióxido de carbono líquido al depósito 42. Continuando con el ejemplo de funcionamiento presentado anteriormente, la válvula 46b está abierta inicialmente mientras que la

válvula 46a está inicialmente cerrada. A modo de ejemplo solamente, el tanque 24b se controla para estar a 896 kPa (130 psig), lo que corresponde a una temperatura de saturación de -40 °C (-40 °F) para dióxido de carbono. El tanque 24b puede constar, opcionalmente, de un circuito de establecimiento de presión, que se indica, de forma imaginaria, en 64b, donde el líquido fluido intermedio se vaporiza en un intercambiador de calor y se dirige al espacio del tanque 24b, para conseguir esto (el tanque 24a puede constar, opcionalmente, de un circuito de establecimiento de presión similar, que se indica, de forma imaginaria, en 64a). Cabe mencionar que los tanques de fluido intermedio horizontales pueden desearse en algunas aplicaciones para conseguir una mejor condición saturada para los tanques 24a y 24b. Continuando con el ejemplo de funcionamiento, el tanque 24a se controla para que esté a 120 psig o menos.

[0025] El diferencial de presión entre los tanques 24a y 24b conduce el dióxido de carbono líquido desde el tanque 24b hasta el depósito de refrigeración 42. Cuando el hidrógeno fluye a través de la bobina de refrigeración 34 y se enfría, el dióxido de carbono líquido 62 de dentro del depósito de refrigeración 42 se vaporiza y permite que fluya hacia fuera del espacio del depósito de refrigeración 42 a través del conducto 52 bajo el control de la válvula 54. Como resultado, el sistema utiliza un cambio de fase del fluido intermedio en el depósito de refrigeración para conseguir la temperatura deseada del combustible de hidrógeno.

[0026] El nivel del dióxido de carbono líquido 62 en el depósito de refrigeración 42 se controla (como a través del uso de la válvula 54) para garantizar que la bobina de refrigeración 34 está lo suficientemente cubierta para proporcionar un enfriamiento del combustible de hidrógeno que fluye a través de esta.

[0027] En el ejemplo de funcionamiento presentado hasta ahora, la válvula 56a está abierta mientras que la válvula 56b está cerrada. Como resultado, el vapor de dióxido de carbono calentado que viaja a través del conducto 52 entra en el espacio del tanque 24a. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el hidrógeno líquido que viaja a través de la bobina 22a enfría el espacio de manera que el vapor de dióxido de carbono del espacio del tanque 24a se condense y la cabeza de presión se colapse.

[0028] Conforme pasa el tiempo, una masa de dióxido de carbono abandonará el tanque 24b y se acumulará en el tanque 24a. Cuando el suministro de dióxido de carbono de dentro del tanque 24b se acerca a un nivel donde el nivel de líquido deseado de dentro del depósito de refrigeración 42 no puede mantenerse, el sistema necesita reconfigurarse para que el tanque 24a se convierta en el tanque de origen del dióxido de carbono y el tanque 24b se convierta en el tanque receptor de dióxido de carbono. Para que esto ocurra, el tanque 24^a debe presurizarse (por ejemplo) a 896 kPa (130 psig), mientras que el tanque 24b debe despresurizarse (por ejemplo) a 827 kPa (120 psig) o menos. Esto puede conseguirse de distintas maneras. Por ejemplo, el circuito de establecimiento de presión opcional 64a puede utilizarse para establecer una presión dentro del tanque 24a, mientras que el tanque 24b puede ventilarse. De forma alternativa, la presión en los tanques 24a y 24b puede igualarse (como colocando temporalmente sus espacios en comunicación fluida entre sí) y, después, se puede utilizar el circuito de establecimiento de presión 64a para establecer la presión en el tanque 24a, mientras que el hidrógeno que fluye a través de la bobina 22b se utiliza para reducir la presión en el tanque 24b. Como una alternativa a la ventilación del tanque 24b o a la utilización de la bobina 22b, se puede permitir que la presión en los mismos caiga cuando la última parte del dióxido de carbono líquido se transfiera al depósito de refrigeración 42.

[0029] Como resultado, el tanque 24a se convertirá el tanque de origen de dióxido de carbono de 130 psig y el tanque 24b será el tanque receptor de dióxido de carbono líquido, y la válvula 44a debe abrirse y la válvula 44b cerrarse. Además, la válvula 18a tendrá que cerrarse mientras que la válvula 18b se abre, para dirigir el hidrógeno líquido a través de la bobina 22b (en vez de a través de la bobina 22a), y la válvula 56a tendrá que cerrarse y la válvula 56b abrirse, para devolver el vapor de dióxido de carbono al espacio del tanque 24b en vez de al tanque 24a.

[0030] En una forma de realización alternativa del sistema de la Fig. 1, la bomba 14 puede retirarse y un compresor, que se indica de forma imaginaria en 70, puede añadirse. Además, los conductos 16a y 16b están colocados selectivamente (a través de las válvulas 18a y 18b) en comunicación fluida con el espacio del tanque de suministro de hidrógeno líquido a granel 10 a través del conducto 71. En dicho sistema, el compresor 70 se activa para empujar el vapor de hidrógeno desde el espacio del tanque 10 a través de las bobinas 22a y 22b (de manera que el hidrógeno se caliente antes que el compresor 70), y se dirija a través del intercambiador de calor 28, para llenar el tanque de compensación 32.

[0031] El sistema de la Fig. 1 también incluye conducto de derivación 72 y una válvula de derivación 74. La válvula de derivación 74 puede abrirse y ajustarse de manera que solamente una parte de hidrógeno líquido de la bomba 14 se dirija a través de las bobinas 22a y 22b, dependiendo de si la válvula 18a está abierta y la válvula 18 está cerrada, o la válvula 18b está abierta y la válvula 18^a está cerrada. El hidrógeno líquido que sale del conducto de derivación 72 se une de nuevo al hidrógeno calentado de las bobinas 22a o 22b antes de la entrada del chorro resultante en el intercambiador de calor 28. Como resultado, el hidrógeno líquido puede dirigirse selectivamente a través de la bobina 22a o 22b, como se requiere para mantener una presión lo suficientemente baja para conducir un flujo.

5 [0032] Con referencia a la Fig. 1, los componentes del sistema de dentro de la caja 76 (depósito de refrigeración 42 y bobina de refrigeración 34) pueden colocarse lejos de los componentes restantes del sistema. Esto hace que el sistema de la Fig. 1 sea muy adecuado para su uso en una estación de servicio de vehículos ya que el depósito de refrigeración relativamente compacto (y bobina de refrigeración) y dispensador pueden ser los únicos componentes de la estación ubicados en una isla de abastecimiento de combustible. Al menos los conductos que llevan el dióxido de carbono líquido u otro fluido intermedio hasta los componentes de la isla tendrían que estar cubiertos o aislados en dicha instalación.

10 [0033] En una segunda forma de realización del sistema, ilustrado en la Fig. 2, se ha añadido un tercer tanque de fluido intermedio 24c a la forma de realización de la Fig. 1. Más concretamente, la salida de la bomba 14 también está conectada al conducto 16c, que consta de una válvula 18c. El conducto 16c conduce a una bobina de intercambiador de calor 22c que está colocada dentro del espacio de un tanque de almacenamiento de fluido intermedio 24c. El espacio se forma en el tanque 24c sobre un fluido intermedio 26c, que puede ser dióxido de carbono. La salida de la bobina 22c está en comunicación fluida con la entrada del intercambiador de calor 28. Un conducto adicional que incluye una válvula 56c coloca selectivamente el espacio del tanque 26c en comunicación fluida con el espacio del depósito de refrigeración 42. Además, el tanque de dióxido de carbono 26c está selectivamente en comunicación fluida con el depósito de refrigeración 42 a través del conducto 44c (que tiene una válvula 46c) y conducto 48. De otra manera, el sistema de la Fig. 2 es idéntico al sistema de la Fig. 1.

20 [0034] El tercer tanque 24c de la Fig. 2 proporciona un suministro extra de fluido intermedio (dióxido de carbono, por ejemplo) donde el momento de cambiar entre los tanques 24a y 24b como tanque de origen y tanque receptor de dióxido de carbono es crítico. Por ejemplo, durante el funcionamiento del sistema donde el tanque 24b es el tanque de origen del dióxido de carbono (a 896 kPa (130 psig)) y el tanque 24a es el tanque receptor de vapor de dióxido de carbono, el tanque 24c contiene un suministro adicional de dióxido de carbono 26c a una presión (por ejemplo) de 896 kPa (130 psig), y las válvulas 18c, 46c y 56c se mantienen en configuración cerrada. Un circuito de establecimiento de presión opcional 64c puede ser necesario para presurizar el tanque 24c a 896 kPa (130 psig) u otra presión deseada.

25 [0035] Cuando el suministro de dióxido de carbono líquido 26b en el tanque 24b cae al nivel donde el tanque 24b debería cambiarse para servir como el tanque receptor, la válvula 46b se cierra y la válvula 46c se abre (la válvula 46 permanece cerrada). Además, la válvula 56b se abre y la válvula 56a se cierra, mientras la válvula 18b se abre y la válvula 18a se cierra. La presión de dentro del tanque 24b puede reducirse a (por ejemplo) 827 kPa (120 psig) o menos utilizando, por ejemplo, uno o más de los métodos descritos anteriormente. Sin embargo, el dióxido de carbono líquido puede suministrarse inmediatamente al depósito de refrigeración 42 desde el tanque 24c, ya que el tanque 24c ya se había llenado con dióxido de carbono líquido a la presión correcta de (por ejemplo) 896 kPa (130 psig). No existe la necesidad de esperar a que el tanque 24c se presurice a 896 kPa (130 psig).

30 [0036] Volviendo a la Fig. 3, se describe una forma de realización del sistema que utiliza un único tanque de fluido intermedio 124. Un tanque de almacenamiento a granel 110, que está preferiblemente cubierto, contiene un suministro de hidrógeno líquido 112. Una bomba 114 tiene una entrada en comunicación fluida con el tanque a granel 110 y una salida conectada al conducto 116, que consta de una válvula 118. El conducto 116 conduce a una bobina de intercambiador de calor 122 que está colocada dentro del espacio del tanque de almacenamiento de fluido intermedio 124. El espacio se forma en el tanque 124 sobre un fluido intermedio 126, que puede ser dióxido de carbono. La salida de la bobina 122 está en comunicación fluida con la entrada de un intercambiador de calor 128, que puede ser un intercambiador de calor ambiental. La salida del intercambiador de calor 128 está en comunicación fluida con un tanque de compensación 132. Aunque se muestra un único tanque de compensación 132, el sistema puede incluir varios tanques intermedios. La salida del tanque intermedio está en comunicación fluida con la entrada de una bobina de refrigeración 134 a través del conducto 136. En esta forma de realización, la bobina de refrigeración está colocada dentro del tanque de fluido intermedio 124 de manera que el tanque de fluido intermedio también sirva como la bobina de refrigeración. La salida de la bobina de refrigeración 134 está conectada a un dispensador 138 que puede ser, a modo de ejemplo solamente, una boquilla y/o válvula de dispensación y/o un medidor de flujo másico para repostar un vehículo. Se proporciona un conducto de derivación 140 con una válvula de derivación 142 y se extiende entre la salida de la bomba 114 y la entrada del intercambiador de calor 128.

40 [0037] Como un ejemplo de funcionamiento del sistema de la Fig. 3, las válvulas 118 y 142 pueden ajustarse para controlar el caudal de hidrógeno líquido a través de la bobina 122 y el resto del sistema cuando la bomba 114 se activa. El hidrógeno calentado que sale de la bobina 122 viaja a través del intercambiador de calor ambiental 128, donde se calienta para acercarse a una temperatura ambiente. El fluido resultante viaja entonces al(los) tanque(s) de compensación 132 donde se almacena, a modo de ejemplo solamente, a 68,9 MPa – 103,4 MPa (10 000 - 15 000 psig) a temperatura ambiente. Cuando el dispensador 138 se activa, como durante el repostaje de un vehículo, el gas de hidrógeno del tanque de compensación 132 fluye a través de la bobina de refrigeración 134, donde el dióxido de carbono líquido 126 contenido

dentro del tanque 124 lo enfría. El fluido de hidrógeno enfriado se dispensa entonces al vehículo. El combustible de hidrógeno se equilibra idealmente, pero solamente a modo de ejemplo, a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) en la bobina de refrigeración 134. El calor añadido al dióxido de carbono 126 mediante el enfriamiento de la corriente del gas de hidrógeno que fluye a través del conducto 136 se contrarresta por la refrigeración y condensación del vapor de dióxido de carbono en el espacio del tanque 124 por la bobina 122. La cantidad de hidrogeno liquido dirigida a través de la bobina 122 (mediante el ajuste de la válvula 118) se selecciona para mantener la presión en el tanque 124 a, aproximadamente, 896 kPa (130 psig) (por ejemplo).

[0038] Otra forma de realización alternativa de la descripción se presenta en las Figs. 4A-4E. Tal y como se ilustra en la Fig. 4A, un tanque de almacenamiento a granel, indicado en general en 210 y que está cubierto preferiblemente mediante una cubierta 208, contiene un suministro de hidrógeno líquido 212. Una bomba 214 está colocada dentro de un cárter 216, que esta preferiblemente colocado dentro de una cubierta 208. El cárter 216 tiene una entrada en comunicación fluida con el tanque a granel 210 de manera que recibe líquido del tanque a granel 210 a través del conducto 218. Un conducto de retorno 220 conduce desde la parte superior del cárter hasta el tanque a granel. El tanque a granel 210 consta de un circuito de establecimiento de presión 221.

[0039] El nivel de líquido de dentro de la cubierta se mantiene de manera que la bomba se sumerja dentro del líquido criogénico y el enfriamiento de la bomba no es necesario cuando el bombeo comienza. Esto también contribuye a la fiabilidad de la bomba porque los ciclos de calor de la bomba se reducen (ya que la bomba se ha mantenido fría prácticamente todo el tiempo). Además, los conductos 218 y 220 constan de válvulas 222 y 224, que permiten el mantenimiento de, o la retirada de, la bomba sin poner el tanque a granel 210 fuera de servicio.

[0040] La salida de la bomba 214 está en comunicación fluida con el conducto 226, que conduce a un cruce 228. Un conducto de derivación 230 sale del cruce 228 y consta de una válvula de derivación 232. Un conducto de ventilación 233 sale del espacio del tanque a granel 210 y conduce al cruce 228. Además, se proporciona un conducto 234 con una válvula 236 y conduce desde el cruce hasta una bobina de intercambiador de calor 238, que está colocada dentro del espacio del tanque de almacenamiento de fluido intermedio 240. El espacio se forma en el tanque 240 sobre un fluido intermedio 242, que puede ser dióxido de carbono.

[0041] La salida de la bobina 238 está en comunicación fluida mediante un conducto 244 con la salida del conducto de derivación 230 y la entrada de un intercambiador de calor 246, que puede ser un intercambiador de calor ambiental. La salida del intercambiador de calor 246 está en comunicación fluida con un tanque intermedio 248. Aunque se muestra un único tanque intermedio, el sistema puede incluir varios tanques intermedios.

[0042] La salida del tanque intermedio está en comunicación fluida con la entrada de una bobina de refrigeración 252 mediante un conducto 254. En esta forma de realización, la bobina de refrigeración está colocada dentro del tanque de fluido intermedio 240 de manera que el tanque de fluido intermedio también sirva como el depósito de refrigeración. La salida de la bobina de refrigeración 252 está conectada mediante el conducto 256 a un dispensador 258 para repostar un vehículo a través de una boquilla 262.

[0043] El conducto 256 está preferiblemente cubierto mediante una cubierta 266. El espacio anular entre la cubierta 266 y el conducto 256 está conectado al lado líquido del tanque 240 mediante un conducto de líquido 264. Como resultado, el fluido intermedio 242 llena el espacio anular de dentro de la cubierta 266 para mantener el hidrógeno líquido que fluye a través del conducto 256 frío al fluir hasta el dispensador. Esto es específicamente útil si el dispensador 258 está en una isla de abastecimiento de combustible lejos del tanque 240 de manera que el conducto 256 debe atravesar una mayor distancia. El espacio anular de dentro de la cubierta 266 también está en comunicación fluida con el espacio del tanque 240 de manera que el dióxido de carbono vaporizado puede volver al tanque.

[0044] El tanque a granel 210 consta de un conducto de llenado 272 que está en comunicación fluida con una abertura de llenado inferior 274 y una barra de pulverización 276. Durante el rellenado del tanque a granel, con referencia a la Fig. 4B, un camión cisterna 280 que contiene hidrógeno líquido se conecta al conducto 272. El líquido fluye a través del conducto 272 y hacia el tanque mediante la abertura de llenado inferior 274. Dependiendo del ajuste de las válvulas 282 y 284, una parte del hidrógeno líquido se dirige a la barra de pulverización 276 para reducir la presión de vapor de dentro del espacio del tanque 210.

[0045] Un ejemplo de funcionamiento del sistema durante la dispensación se ilustra en la Fig. 4C. El hidrógeno líquido fluye desde el tanque 210 a través del conducto 218 hasta el cárter 216. El líquido vuelve al cárter 216 a través del conducto 220 con el nivel de líquido en el cárter manteniéndose a un nivel donde la bomba 214 se sumerge.

[0046] La válvula 232 está cerrada, mientras la válvula 236 está abierta.

5 [0047] Un líquido que sale de la bomba 214 viaja a través del conducto 226 hasta la bobina de intercambiador de calor 238, donde se calienta para acercarse a la temperatura del fluido intermedio 242. El hidrógeno calentado que sale de la bobina 238 viaja a través del intercambiador de calor ambiental 246, donde se calienta para acercarse a una temperatura ambiente. El fluido resultante viaja entonces hasta el(los) tanque(s) intermedio 248 donde se almacena, a modo de ejemplo solamente, a 68,9 Mpa – 103,4 Mpa (10 000-15 000 psig) a temperatura ambiente. El fluido del tanque intermedio 248 fluye a través de la bobina de refrigeración 252, donde se enfría por el fluido intermedio de dióxido de carbono líquido 242 contenido dentro del tanque 240. El fluido de hidrógeno enfriado se dispensa entonces al vehículo a través de los conductos 256, dispensador 258 y boquilla 262. El combustible de hidrógeno se equilibra idealmente, pero a modo de ejemplo solamente, a -40 °C (-40 °F) en la bobina de refrigeración 252. El calor añadido al dióxido de carbono 242 mediante el enfriamiento de la corriente de gas de hidrógeno que fluye a través de la bobina 252 se contrarresta mediante el enfriamiento y condensación del vapor de dióxido de carbono en el espacio del tanque 240 por la bobina 238. La cantidad de hidrógeno líquido dirigida a través de la bobina 238 (mediante el ajuste de la válvula 236) se selecciona para mantener presión en el tanque 240 a, aproximadamente, 896 Kpa (130 psig) (por ejemplo).

10 [0048] El sistema puede configurarse tal y como se ilustra en la Fig. 4D para controlar la presión de dentro del tanque de almacenamiento de fluido intermedio 240 mediante la ventilación del gas de hidrógeno frío desde el espacio del tanque 210 a través del conducto 233 a través de la bobina 238 del tanque 240. Como resultado, el vapor del espacio del tanque 240 se condensa para reducir la presión de dentro del tanque. El fluido caliente que sale de la bobina 238 viaja a través del intercambiador de calor 246, se calienta, y después se ventila a la atmósfera a través del circuito de ventilación 288, donde se ha abierto la válvula 290.

15 [0049] Con referencia a la Fig. 4E, el mantenimiento de la bomba 214 puede realizarse cerrando primero las válvulas 222 y 224 de manera que el líquido del tanque a granel deje de fluir hacia el cárter 216. El cárter puede, después, ventilarse para liberar la presión abriendo la válvula 232 (la válvula 236 permanece abierta también) y la válvula 292 del circuito de ventilación 288. Como resultado, la presión de dentro del cárter se ventila a través del intercambiador de calor 246, la bobina 238 y el circuito de ventilación 288. El cárter 216 puede, después, drenarse y la bomba 214 retirarse o acceder a ella para su mantenimiento.

20 [0050] Con referencia a la Fig. 5, en una forma de realización alternativa del sistema de la Fig. 4A, donde el dispensador 258 está colocado en una isla de abastecimiento de combustible, el conducto 256 que sale de la bobina 252 cae a una elevación baja (enterrado profundamente en el suelo, por ejemplo) inmediatamente fuera del tanque de fluido intermedio 240. La elevación del conducto, como se ilustra en la Fig. 5, aumenta entonces gradualmente conforme el conducto se acerca a la isla (294). Como resultado, cualquier calor añadido al conducto que produjese vapor iría primero a la isla 294. El vapor de fluido intermedio resultante se devolvería entonces al tanque 240 a través del conducto de retorno de vapor aislado ascendente 296.

25 [0051] Las formas de realización de la descripción descritas anteriormente utilizan un fluido intermedio de cambio de fase para proporcionar calor al hidrógeno líquido frío (desde el tanque de almacenamiento hasta el tanque intermedio), y para enfriar el gas de hidrógeno caliente (desde el tanque intermedio hasta el vehículo). Como resultado, el combustible de hidrógeno puede dispensarse desde un tanque o tanques de almacenamiento intermedios y puede enfriarse antes de que se dispense sin activar la bomba. Por consiguiente, son capaces de manejar varias dispensaciones sin la necesidad de activar la bomba. También, este sistema evita la necesidad de bombear y refrigerar solución salina, ahorrando así consumo eléctrico.

30 [0052] Por ello, los sistemas de las Figs. 1-4A solucionan el problema de tener muchos ciclos de arranque y parada para la solución bombeada de hidrógeno. Esta solución también elimina la necesidad de un refrigerador convencional para estaciones de servicio con compresor que tienen almacenamiento de hidrógeno líquido.

35 [0053] Tanto en la solución bombeada como en la solución de compresor, el enfriamiento del fluido intermedio (como dióxido de carbono) supera a la del calentamiento mediante el hidrógeno que va desde el tanque intermedio hasta el vehículo. Por consiguiente, el calor siempre puede añadirse al tanque de fluido intermedio para mantener una temperatura de saturación deseada.

40 [0054] Las formas de realización de la descripción también cumple con el requisito de la norma 55 de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, por sus siglas en inglés) para el intercambiador de calor, que requiere un fluido de transferencia de calor intermedio cuando el hidrógeno se procesa y/o dispensa.

45 [0055] En aplicaciones donde el hidrógeno líquido se calienta excesivamente, puede requerirse la ventilación de los tanques a granel. Con referencia a la Fig. 3, se pueden eliminar gases de ebullición en dicha situación mediante la apertura de la válvula de ventilación 152 de manera que la ventilación pueda ocurrir a través de la ventilación 154. De forma

5 alternativa, el gas de hidrógeno que sale de la válvula 152 puede ser dirigido a través del conducto 156 y bobina 158, que está colocado en el espacio del depósito de refrigeración, para capturar el frío de esos gases de hidrógeno criogénico de ebullición. Dicha perspectiva también puede utilizarse en las formas de realización de las Figs. 1, 2 y 4A y en otras formas de realización. Como otra alternativa, una turbina en miniatura 162 que quema hidrógeno puede recibir gas de hidrógeno que sale de la bobina 158. Dicha turbina puede utilizarse, por ejemplo, para accionar directamente un compresor de hidrógeno del sistema.

10 **[0056]** Aunque se han mostrado y descrito las formas de realización preferidas de la descripción, será evidente para los expertos en la técnica que pueden hacerse cambios y modificaciones en la misma sin salirse del alcance de la descripción, lo que se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para dispensar un fluido criogénico que comprende:

- 5 a. un tanque de almacenamiento a granel (10) configurado para contener un suministro del fluido criogénico.
- b. al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b) configurado para contener un líquido fluido intermedio (26a, 26b) con un espacio definido en el mismo que contiene un vapor de un fluido intermedio;
- 10 c. una bobina de intercambiador de calor (22a, 22b) colocada en el espacio del al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b) y configurado para recibir y calentar un fluido criogénico del tanque de almacenamiento a granel (10) mediante intercambio de calor con vapor de fluido intermedio en el espacio;
- 15 d. un tanque de compensación (32) configurado para recibir fluido de la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b); y
- e. una bobina de refrigeración (34) colocada dentro del al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b) y configurada para:
- 20 i) sumergirse dentro de un líquido de fluido intermedio contenido dentro del al menos un tanque de fluido intermedio (24, 24b),
- ii) recibir fluido del tanque de compensación (32), y
- iii) enfriar un fluido recibido del tanque de compensación (32) mediante intercambio de calor con líquido de fluido intermedio dentro del cual se sumerge la bobina de refrigeración (34),
- 25 dicha bobina de refrigeración (34) incluyendo una salida (34) configurada para dispensar fluido de la bobina de refrigeración (34).

2. Sistema según la reivindicación 1 donde el fluido intermedio es dióxido de carbono.

30 3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2 donde el fluido criogénico es hidrógeno.

4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-3 donde el al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b) incluye un primer tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24a), un segundo tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24b) y un depósito de refrigeración (42), donde:

- 35 i) la bobina de refrigeración (34) está colocada dentro del depósito de refrigeración (42),
- ii) el depósito de refrigeración (42) está configurado para recibir y vaporizar líquido de fluido intermedio del primer tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24a) que utiliza la bobina de refrigeración (34),
- 40 iii) el segundo tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24b) está configurado para recibir el fluido intermedio vaporizado por la bobina de refrigeración (34), y
- iv) la bobina de intercambiador de calor (22b) está colocada dentro de un espacio del segundo tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24b).

5. Sistema según la reivindicación 4 donde el sistema está configurado además para que:

- 45 v) el depósito de refrigeración (42) está configurado para recibir y vaporizar líquido de fluido intermedio del segundo tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24b) que utiliza la bobina de refrigeración (34),
- vi) el primer tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24a) está configurado para recibir el fluido intermedio vaporizado por la bobina de refrigeración (34), y
- 50 vii) otra bobina de intercambiador de calor (22b) está colocada dentro de un espacio del segundo tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24b).

6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5 que comprende además un tercer tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24c) configurado para contener un suministro de líquido de fluido intermedio y para suministrar de forma selectiva líquido de fluido intermedio al depósito de refrigeración (42).

55

7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-3 donde el al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b, 24c) incluye un único tanque que contiene la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b, 22c) y la bobina de refrigeración (34).
- 5 8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-7 donde el al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b, 24c) incluye un circuito de establecimiento de presión (64a, 64b, 64c) configurado para vaporizar líquido de fluido intermedio y dirigirlo hacia el espacio.
- 10 9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-8 que comprende además un conducto de derivación (72) que presenta una entrada en comunicación fluida con el tanque de almacenamiento a granel (10) y una salida en comunicación fluida con el tanque de compensación (32).
- 15 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-9 que comprende además un intercambiador de calor (28) configurado para recibir y calentar fluido de la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b, 22c) y dirigir el fluido calentado hasta el tanque de compensación (32).
- 20 11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-10 que comprende además una bomba (14) que presenta una entrada en comunicación fluida con el tanque de almacenamiento a granel (10) y una salida en comunicación fluida con la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b, 22c) de manera que se proporciona fluido criogénico del tanque a granel (10) a la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b, 22c) cuando se activa la bomba (14).
- 25 12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-11 que comprende además un compresor (70) que presenta una entrada en comunicación fluida con una salida de la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b, 22c) y una salida en comunicación fluida con el tanque intermedio (32) de manera que se empuja el fluido criogénico del tanque de almacenamiento a granel (10) a través de la bobina de intercambiador de calor (22a, 22b, 22c) y se dirige hasta el tanque de compensación (10) cuando se activa el compresor (70).
- 30 13. Sistema para dispensar un fluido criogénico según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, que comprende, además:
- a. el tanque de almacenamiento a granel (10) que contiene un suministro del fluido criogénico.
 - b. el al menos un tanque de fluido intermedio (24a, 24b, 24c) que contiene un líquido de fluido intermedio con un espacio definido en el mismo que contiene un vapor de fluido intermedio;
- y
- e. la bobina de refrigeración (34) sumergida dentro del líquido de fluido intermedio.
- 35
14. Sistema según la reivindicación 6 donde el tercer tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24c) contiene un suministro de líquido de fluido intermedio.
- 40 15. Método para dispensar un fluido criogénico que comprende los pasos de:
- a. almacenar el fluido criogénico en un tanque de almacenamiento a granel (10);
 - b. almacenar un fluido intermedio en al menos un tanque de almacenamiento de fluido intermedio (24a, 24b, 24c) como un líquido de fluido intermedio con un vapor de fluido intermedio por encima;
 - 45 c. calentar fluido criogénico del tanque de almacenamiento a granel (10) mediante intercambio de calor con el vapor de fluido intermedio de manera que el vapor de fluido intermedio se condense;
 - d. almacenar el fluido calentado en un tanque de compensación (32);
 - e. enfriar fluido del tanque de compensación (32) mediante intercambio de calor con el líquido fluido intermedio;
 - 50 f. dispensar el fluido enfriado, opcionalmente donde el fluido intermedio es dióxido de carbono, y/o donde el fluido criogénico es hidrógeno.

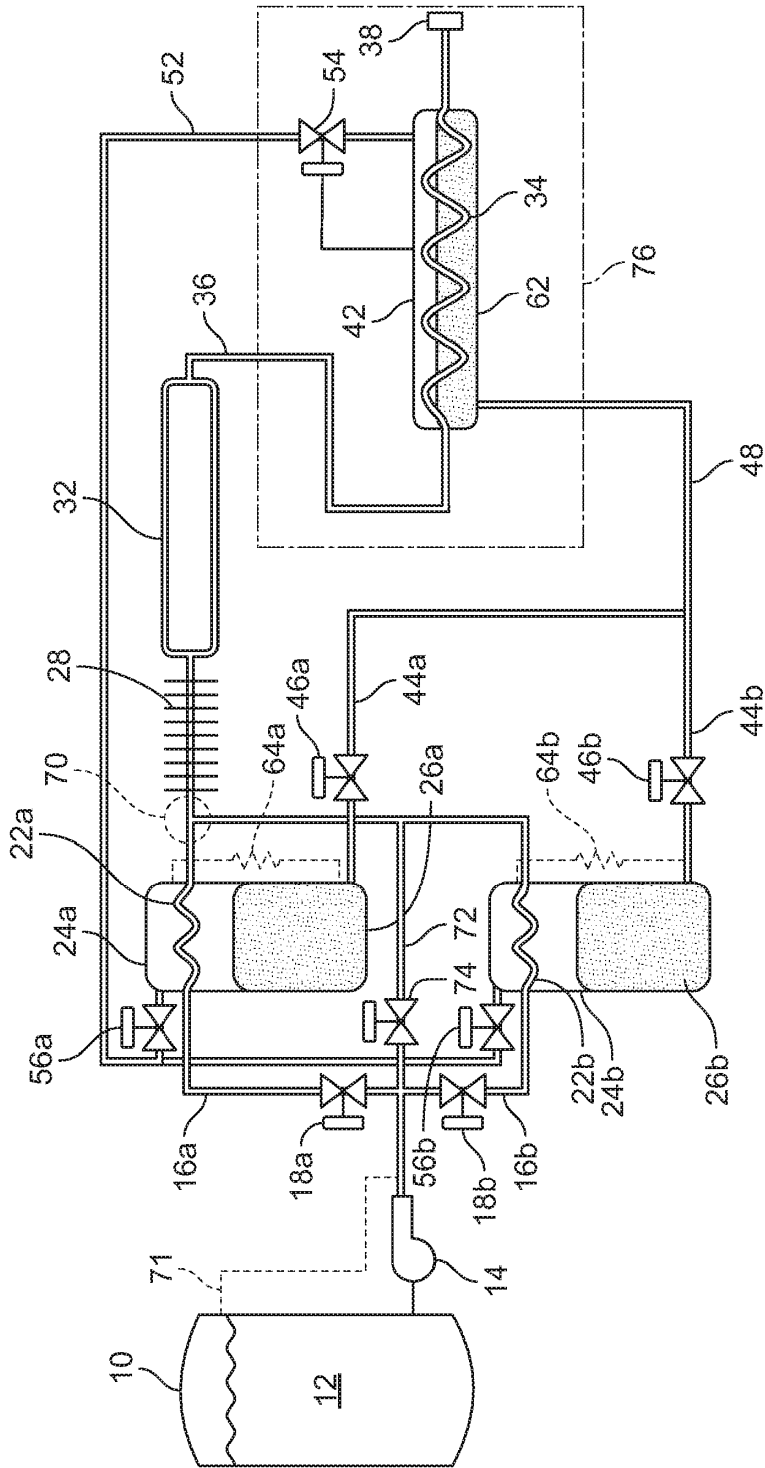


FIG. 1

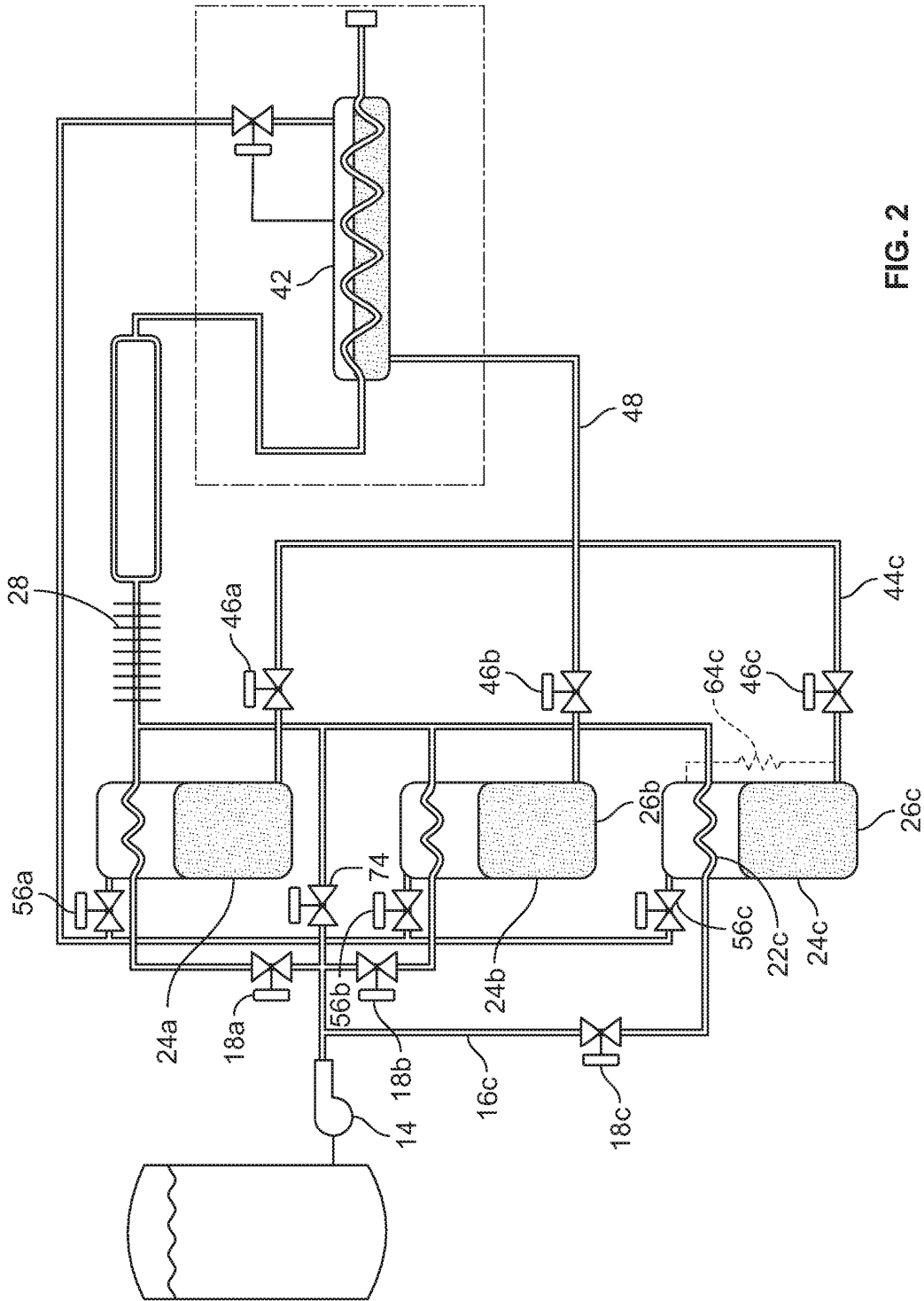


FIG. 2

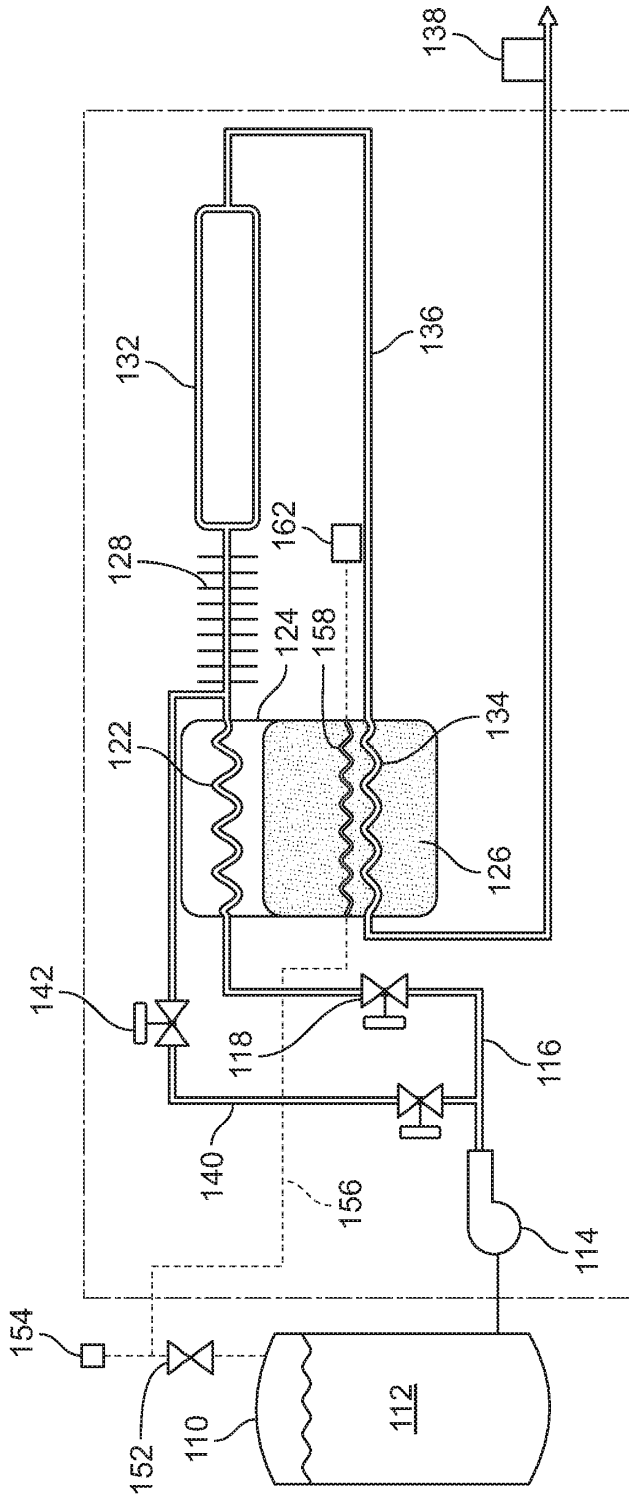


FIG. 3

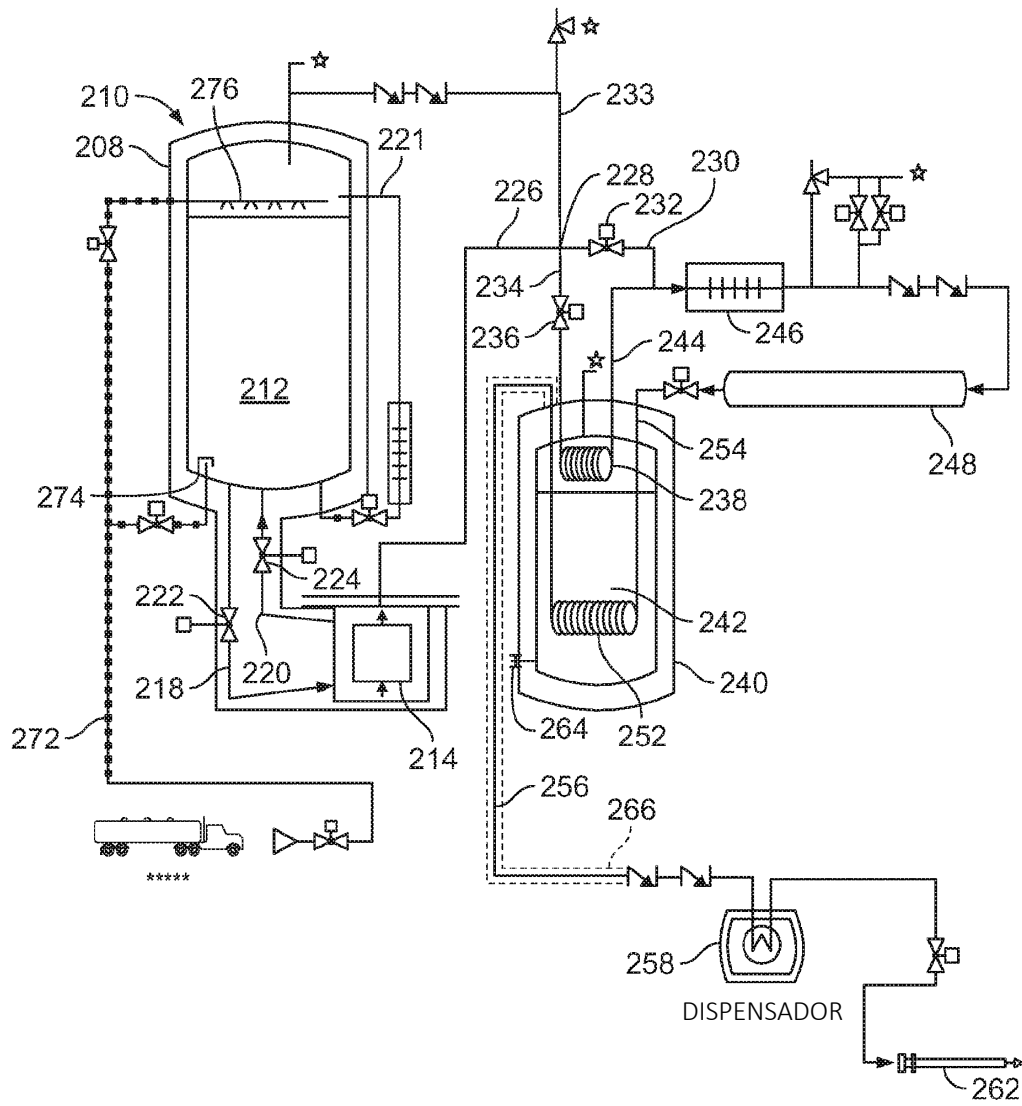


FIG. 4A

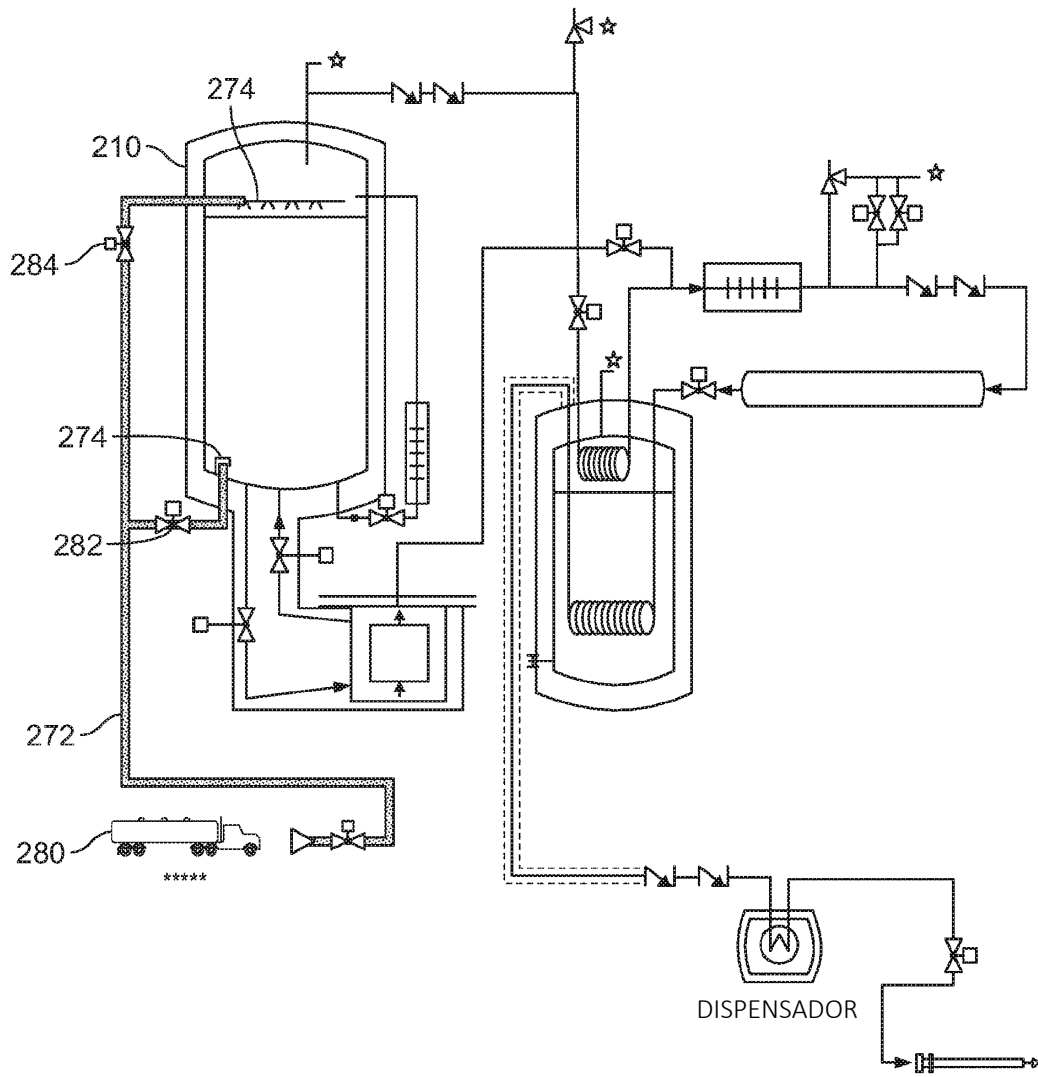


FIG. 4B

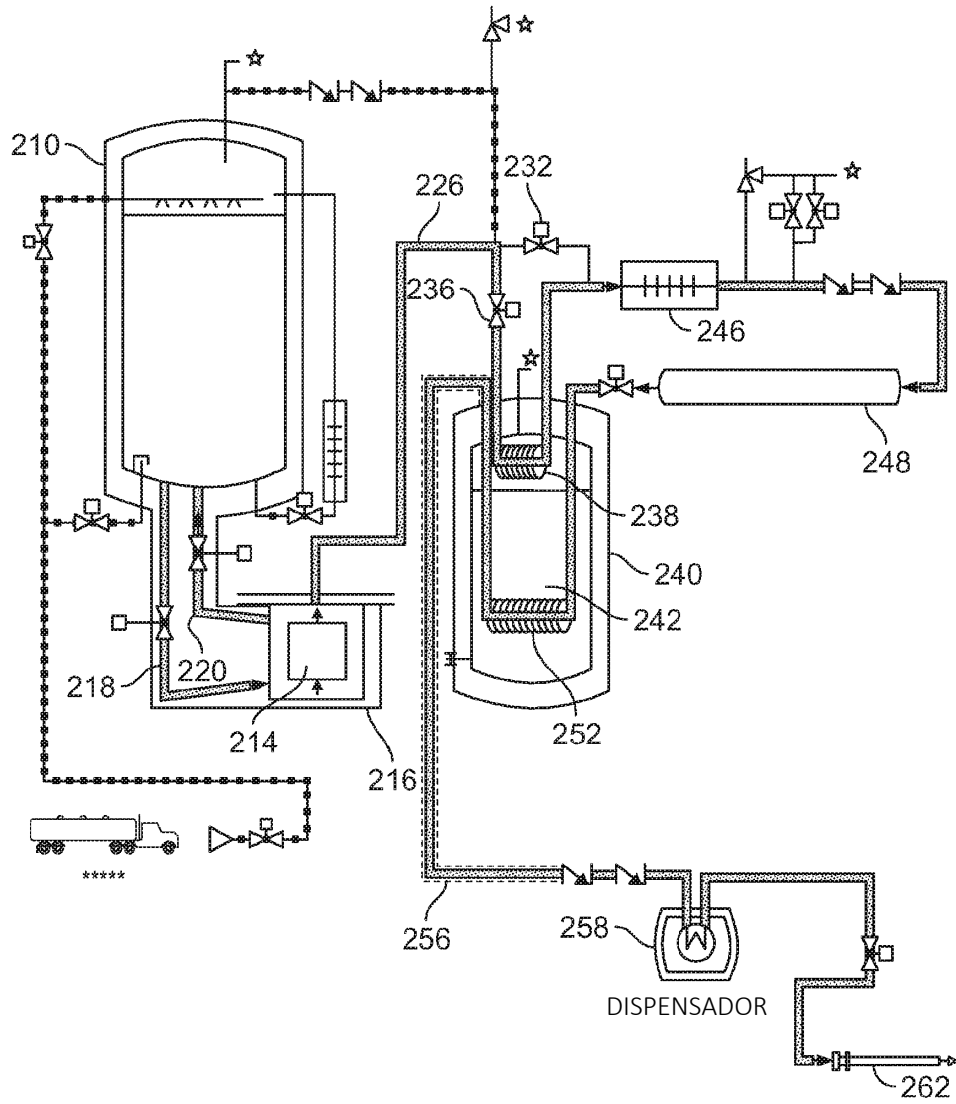


FIG. 4C

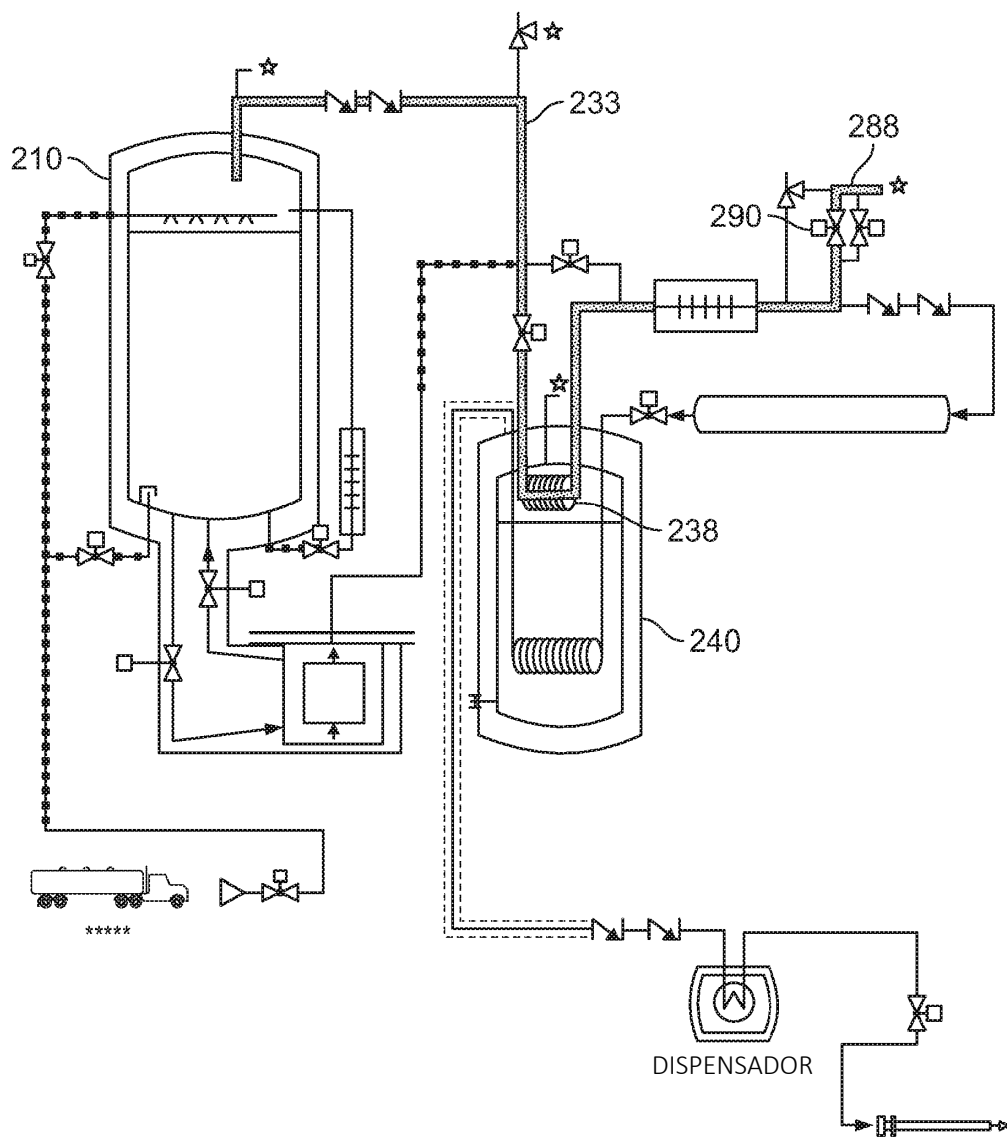


FIG. 4D

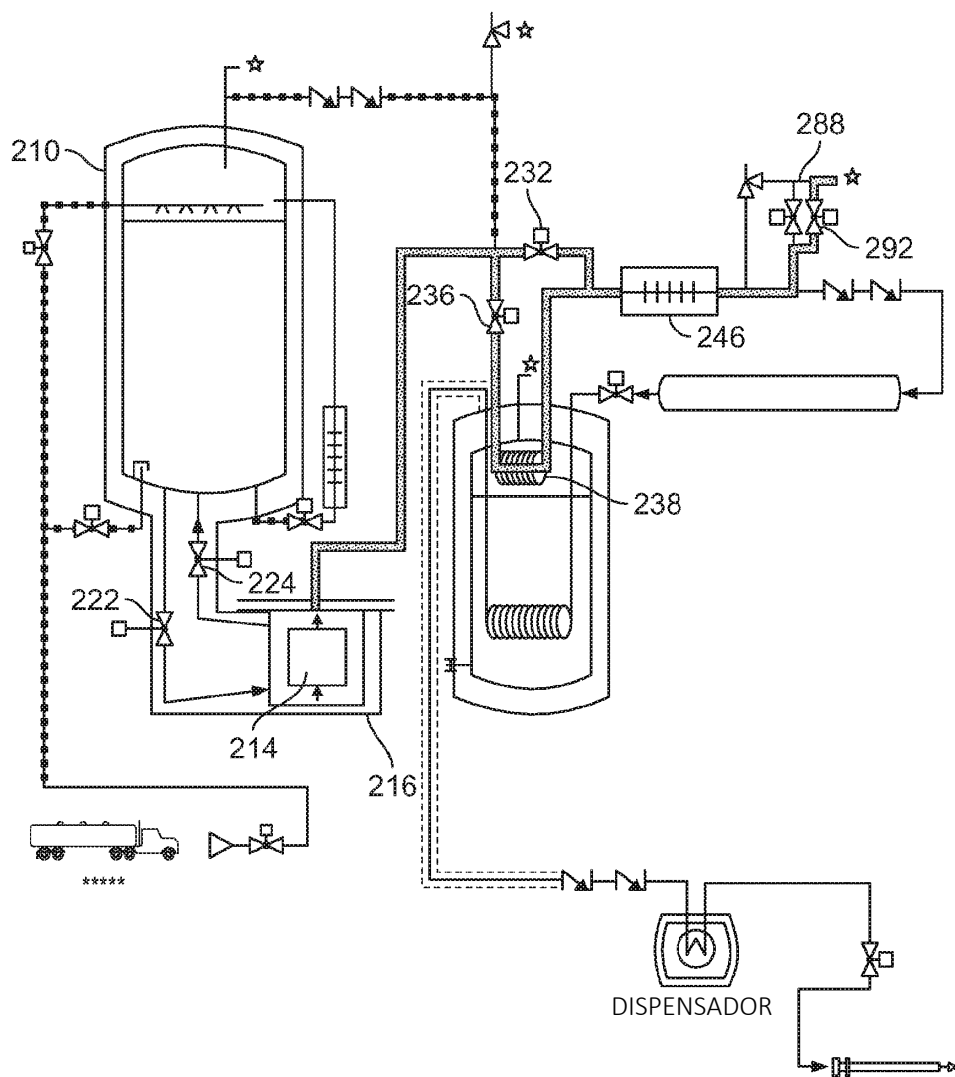


FIG. 4E

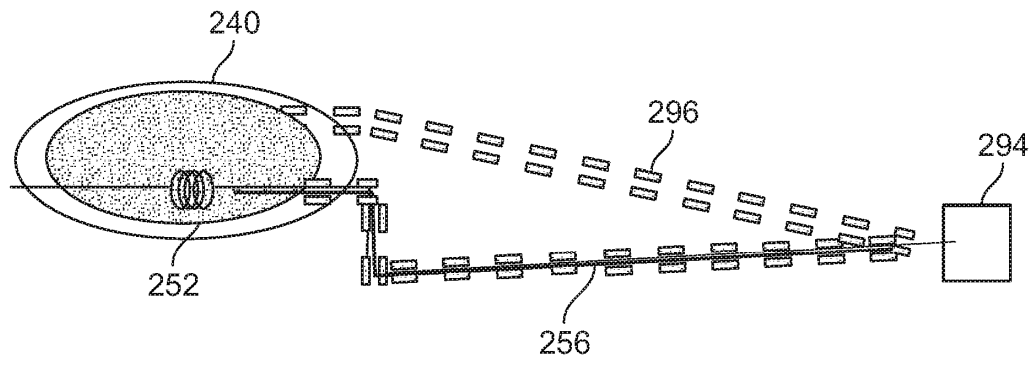


FIG. 5