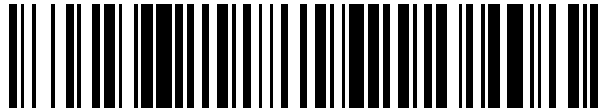


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 403 226**

51 Int. Cl.:

F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2010 E 10189646 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2013 EP 2341308**

54 Título: **Depósito mejorado para contener líquidos**

30 Prioridad:

13.11.2009 US 618166

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2013

73 Titular/es:

**EUROTECNICA MELAMINE, LUXEMBOURG
ZWEIGNIEDERLASSUNG IN ITTIGEN (100.0%)
c/o Peter Muntwyler, Fürsprecher und Notar
Talgut-Zentrum 19
3063 Ittigen, CH**

72 Inventor/es:

**DE AMICIS, ALBERTO;
TOGNONI, ANTONIO y
CAVALLINI, TOMMASO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 403 226 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

Depósito mejorado para contener líquidos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un depósito para contener líquidos de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Un depósito tal se conoce por ejemplo del documento DE 33 144 91 A1. En particular, la presente invención se refiere a un depósito mejorado para contener sales fundidas especialmente apropiado para utilizarse como un sistema de almacenamiento de calor en relación con centrales de energía solar.

Antecedentes de la invención

10 La utilización de fuentes de energía renovable se ha convertido en algo de importancia suprema para conseguir el desarrollo en nuestro planeta de una manera sostenible.

Entre las fuentes renovables, la recuperación de energía radiada por el sol con el fin de generar electricidad encuentra hoy en día un número cada vez mayor de aplicaciones que pueden dividirse de manera grosera entre aplicaciones fotovoltaicas y aplicaciones térmicas.

15 Entre las aplicaciones térmicas de la energía solar, el desarrollo de centrales de concentración solar (CSP, *Concentration Solar Plants*) es uno de los campos de desarrollo tecnológico. Las centrales de concentración solar concentran la energía radiada por el sol por medio de espejos con el fin de calentar un fluido a una temperatura apropiada para producir vapor en un dispositivo de intercambio de calor, vapor que a su vez se utiliza para generar potencia eléctrica a través de un sistema de turbina y generador.

20 Debido a que la radiación solar está disponible sólo durante el día, se han desarrollado diferentes sistemas con el fin de almacenar la energía recuperada a partir del sol y utilizarla durante la noche con el fin de asegurar un tiempo de disponibilidad de potencia mayor de acuerdo con los requerimientos de la red de distribución de energía eléctrica.

25 En el estado del arte, el método más común para almacenar la energía capturada de la radiación solar consiste en calentar una masa de sales fundidas, en su mayor parte una mezcla de nitratos, durante el día, para utilizar estas sales fundidas calientes, bien directamente o bien indirectamente, para generar vapor y por lo tanto potencia eléctrica.

30 Las centrales de concentración solar utilizan dos esquemas diferentes para aprovechar la energía recuperada a partir de la radiación solar: en un primer esquema (figura 10), la energía solar se transfiere mediante el calentamiento de un fluido intermedio, llamado Fluido de Transferencia de Calor (HTF, *Heat Transfer Fluid*), generalmente una mezcla de hidrocarburos, que se utiliza durante el día tanto para generar vapor como para calentar la masa de sales fundidas almacenada aumentando su temperatura; en el segundo esquema (figura 11), la energía solar se transfiere directamente a la masa de sales fundidas que se utiliza en parte para generar vapor y en parte para almacenar calor que se utilizará durante la noche.

El sistema de almacenamiento de calor utilizado para almacenar las sales fundidas comprende usualmente una pareja de depósitos (llamados depósitos caliente y frío de almacenamiento de sal) o más de una.

35 Durante el calentamiento de las sales fundidas, éstas son transferidas desde el depósito frío hasta el depósito caliente mientras que, cuando se recupera la energía almacenada, las sales fundidas fluyen desde el depósito caliente hasta el depósito frío.

40 De acuerdo con los diferentes esquemas de central de concentración solar, el depósito frío funciona dentro de un intervalo de temperatura que está situado entre 270°C y 440°C, mientras que el intervalo de temperaturas del depósito caliente está situado entre 350°C y 560°C, con una diferencia de temperatura entre los dos depósitos de entre 70°C y 200°C.

45 Como alternativa al sistema de almacenamiento de dos depósitos, pueden utilizarse sistemas de almacenamiento termoclinos. Un sistema de almacenamiento termoclineo es un sistema de un único depósito que contiene tanto el fluido caliente como el fluido frío. Este tipo de sistema se basa en la flotabilidad térmica para mantener una estratificación térmica y unas regiones térmicas caliente y fría discretas dentro del depósito.

50 Las centrales de concentración solar se dimensionan hoy en día para generar electricidad con una entrega de potencia eléctrica comprendida en el intervalo entre 10 MW y 500 MW. Debido a que la eficiencia del sistema de generación de potencia está comprendida en el intervalo entre el 30% y el 50% y se requiere que genere electricidad durante 6 ó 12 horas cuando el sol no está disponible, las centrales de concentración solar necesitan almacenar una cantidad de energía térmica en el intervalo comprendido entre 100 MWh y 20.000 MWh.

Un sistema de almacenamiento térmico típico en centrales de concentración solar que se construyen hoy en día funciona en el entorno de 1.500 MWh.

En el caso de un sistema de almacenamiento térmico de dos depósitos, suponiendo que la diferencia de temperatura entre los depósitos frío y caliente es de 100°C y considerando el calor específico de mezclas típicas de nitratos utilizadas como medio de almacenamiento de calor, se deduce que resulta necesario el almacenamiento de más de 35.000 toneladas de sales fundidas.

- 5 Por consiguiente, el diámetro del depósito de almacenamiento está comprendido en el intervalo entre 20 y 70 metros mientras que la altura del depósito está comprendida en el intervalo entre 7 y 18 metros.

10 Los depósitos de almacenamiento de sales fundidas deben diseñarse correctamente para evitar cualquier posible fuga de sales fundidas. Esto se consigue, entre otras cosas, evitando cualquier tipo de conexiones, toberas y dispositivos de este tipo por debajo del nivel máximo que puede alcanzar la masa de sales fundidas dentro del depósito. Por consiguiente, todas las conexiones están dispuestas en la parte superior del depósito, preferiblemente en su techo.

Más aún, los depósitos necesitan diseñarse con un fondo plano con el fin de evitar concentraciones de tensiones mecánicas no deseadas.

15 Debido a que no existe ninguna conexión por debajo del nivel máximo de la masa de sales fundidas, las sales fundidas son transferidas generalmente, bien durante el calentamiento o bien durante el enfriamiento, por medio de bombas de aspiración, preferiblemente bombas centrífugas verticales, que tienen el impulsor dispuesto cerca del fondo del depósito y un eje de una longitud apropiada que sobresale por la parte superior del depósito.

20 Con el fin de mantener un funcionamiento estable y de evitar el fenómeno de la cavitación, las bombas de aspiración, en particular las bombas centrífugas, requieren una altura de aspiración positiva mínima, que consiste en un nivel mínimo de líquido en el lado de succión de la bomba, en concreto por encima del impulsor de la bomba.

Por consiguiente, siempre debe estar presente en el depósito un nivel mínimo de sales fundidas para que las bombas puedan funcionar correctamente. Esto conlleva una falta de disponibilidad para almacenar y recuperar calor del volumen de sales fundidas necesario para mantener el nivel mínimo de líquido requerido.

25 Típicamente, debe mantenerse un nivel mínimo en el intervalo comprendido entre 0,5 y 1,4 metros de manera permanente en un depósito. Consecuentemente, en el caso de una central de concentración solar de 50 MW con un sistema de almacenamiento de calor que comprende dos depósitos de 38 metros de diámetro, resultaría necesaria la compra de aproximadamente entre 1.000 y 3.000 toneladas de mezcla de sales de nitrato, que no estarían disponibles para propósitos de transferencia de calor.

30 Además de los sobrecostos de la inversión, el almacenamiento de una cantidad tal de productos químicos no utilizables conlleva inevitablemente un impacto medioambiental no deseado y muy negativo debido al alto consumo de energía y de materias primas para su producción, transporte y fundición a escala industrial.

35 El problema de minimizar la cantidad de líquido que no puede ser succionado por la bomba, en concreto por una bomba vertical, desde un depósito o tanque ha sido abordado mediante una diversidad de métodos. Con referencia a la figura 12, en uno de estos métodos el fondo (**B**) de un depósito (**T**) está provisto de un área (**SA**) de sumidero que funciona como un reservorio primario de la bomba (**P**). Sin embargo, este método conocido no puede aplicarse a depósitos que funcionan a altas temperaturas, tales como los depósitos de sales fundidas utilizadas en centrales de concentración solar, debido a diferentes desventajas y dificultades asociadas a combinar la expansión térmica que afecta a las paredes metálicas y al fondo del depósito con el material aislante de los cimientos que se necesita para evitar que el hormigón alcance una temperatura demasiado elevada.

40 El uso de un depósito que tiene un fondo no plano, como por ejemplo un fondo conformado de manera que define un área de sumidero, debe evitarse en principio con el fin de permitir, sin ninguna restricción, la expansión radial del fondo del depósito cuando se calienta el depósito hasta una temperatura por encima de aproximadamente 180°C.

Superar las desventajas mencionadas anteriormente de la técnica conocida es un propósito de la presente invención.

45 En particular, es un alcance de la presente invención crear un depósito para líquidos mejorado en el que se minimiza la cantidad de líquido no utilizable que debe estar presente en el depósito para asegurar un funcionamiento correcto de una bomba de aspiración.

50 Es también un alcance de la presente invención crear un depósito para líquidos mejorado que permite maximizar la cantidad de líquido que puede ser extraído de su seno por medio de una bomba de aspiración asegurando a su vez el funcionamiento correcto de la misma.

En particular, es un alcance de la presente invención minimizar la cantidad de sales fundidas (líquidos) no utilizables como medio de transferencia y almacenamiento de calor asegurando a su vez el funcionamiento correcto de la bomba de aspiración utilizada para aspirar el líquido del depósito.

Un alcance adicional de la presente invención es asimismo la reducción del impacto medioambiental que conlleva la producción, fundición, carga, almacenamiento y eliminación de grandes cantidades de productos químicos tales como sales fundidas.

Resumen de la invención

5 La presente invención consiste en un depósito para contener un líquido de acuerdo con la reivindicación 1.

Un sistema de almacenamiento de calor que comprende al menos un depósito tal como se definió anteriormente es un propósito adicional de la presente invención.

Una central que comprende dos de los depósitos definidos anteriormente o más de dos, iguales o diferentes, es otro propósito de la presente invención.

10 Un método para almacenar calor en un depósito tal como se definió anteriormente es un propósito adicional de la presente invención.

Un método para almacenar calor en una central tal como se definió anteriormente es un propósito adicional de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

15 Con el fin de hacer más clara la explicación de los principios innovadores de la presente invención y las ventajas de la misma comparada con la técnica anterior, se ilustrarán a modo de ejemplo con la ayuda de los dibujos adjuntos diferentes realizaciones posibles aplicando dichos principios. En los dibujos:

- 20 • la figura 1 es una vista en sección vertical esquemática de un depósito que no ha sido diseñado de acuerdo con la presente invención en el que el elemento es un cuerpo de contención que incluye una masa de un material inerte;
- la figura 1a es una vista en sección horizontal esquemática del depósito de la figura 1 a lo largo del plano I-I;
- 25 • la figura 2 es una vista en sección vertical esquemática de un depósito que no ha sido diseñado de acuerdo con la presente invención en el que el elemento es un cuerpo de contención (depósito secundario) relleno de un gas;
- la figura 3 es una vista en sección vertical esquemática de un depósito de acuerdo con la presente invención en el que el elemento es un colchón de gas definido mediante algunos tanques conectados con un sistema de suministro y evacuación de gas;
- 30 • la figura 3a es una vista en sección horizontal esquemática del depósito de la figura 3 a largo del plano III-III;
- la figura 3b es una ampliación de un detalle de una abertura en el fondo de los cuerpos de contención de la figura 3;
- 35 • la figura 4 es una vista en sección vertical esquemática de un depósito de acuerdo con la presente invención en el que el elemento es un colchón de gas definido mediante un depósito secundario conectado a un sistema de suministro y evacuación de gas (no se muestra el sistema de suministro y evacuación de gas);
- la figura 4a es una vista en sección horizontal esquemática del depósito de la figura 4 a lo largo del plano IV-IV;
- 40 • la figura 4b es una ampliación de un detalle de una abertura en el fondo del depósito secundario de la figura 4;
- la figura 5 es una vista en sección vertical esquemática de un depósito de acuerdo con la presente invención que comprende cuatro elementos cada uno de los cuales es un colchón de gas definido mediante un depósito secundario correspondiente, donde los cuatro depósitos secundarios están conectados a un sistema común de suministro y evacuación de gas;
- 45 • la figura 5a es una vista en sección horizontal esquemática del depósito de la figura 5 a largo del plano V-V;
- la figura 6 es una vista de en sección vertical esquemática de un depósito de acuerdo con la presente invención en el que el elemento es un colchón de gas definido mediante un compartimento que está conectado a un sistema de suministro y evacuación de gas;

- la figura 6a es una vista horizontal esquemática del depósito de la figura 6 a lo largo del plano VI-VI;
 - la figura 6b es una vista en sección vertical esquemática a lo largo del plano B-B de la figura 6a;
 - las figuras 6c a 6f son vistas en sección horizontal esquemática de un depósito similar al de la figura 6 donde cada vista muestra un compartimento que tiene una forma alternativa;
- 5
- las figuras 7a y 7b son ampliaciones de un detalle de una abertura en el fondo del compartimento mostrado en las figuras 6, 6a a 6f;
 - las figuras 8, 8a y 8b son vistas en sección vertical esquemáticas de un depósito de acuerdo con la presente invención en el que el elemento es un colchón de gas definido mediante un depósito secundario conectado a un sistema de suministro y evacuación de gas, donde cada vista muestra diferentes configuraciones de funcionamiento posibles;
- 10
- la figura 9 es una vista en sección vertical esquemática de una central que comprende dos depósitos como el de la figura 8a conectados ambos a un sistema común de suministro y evacuación de gas;
 - la figura 10 es una representación esquemática de una central de concentración solar de acuerdo con la técnica anterior en la que la energía recuperada a partir de la radiación solar se utiliza tanto para producir vapor como para calentar una masa de sales fundidas por medio de un Fluido de Transferencia de Calor (HTF); en esta figura: HT es un depósito de sales calientes, CT es un depósito de sales frías, HE es un intercambiador de calor de aceite a sales, SF es un campo solar, SG es un generador de vapor, TU es una turbina de vapor utilizada para generar potencia eléctrica, CO es un condensador del vapor de escape de la turbina;
- 15
- la figura 11 es una representación esquemática de una central de concentración solar de acuerdo con la técnica anterior en la que la energía recuperada a partir de la radiación solar se transfieren directamente a una masa de sales fundidas; en esta figura: HT es un depósito de sales calientes, CT es un depósito de sales frías, SF es un campo solar, SG es un generador de vapor, TU es una turbina de vapor utilizada para generar potencia eléctrica, CO es un condensador del vapor de escape de la turbina;
- 20
- la figura 12 es una representación esquemática de un depósito de acuerdo con la técnica anterior que tiene un fondo conformado de manera que define un área de sumidero como reservorio primario para una bomba de aspiración.
- 25

Descripción detallada de la invención

30 Los depósitos para la contención de líquidos de acuerdo con la presente invención se describirán en referencia, a modo de ejemplo, a sus aplicaciones como depósitos o sistemas de almacenamiento de calor utilizados en relación con centrales de energía de concentración solar.

35 En este tipo de aplicación, el líquido contenido en el depósito es una sal fundida, generalmente una mezcla de nitratos, que se utiliza como un medio para almacenar el calor recuperado a partir de la radiación solar. Por lo tanto, en la descripción que se ofrece a continuación el término "líquidos" y la expresión "sales fundidas" se utilizarán alternativamente.

40 Sin embargo, resultará claro para un técnico experto en el campo que las ventajas de la presente invención también se extienden a otros tipos de aplicaciones, particularmente a cualquier aplicación que implique la transferencia de líquidos hacia y desde un depósito, en la que los líquidos son extraídos de la parte superior de un depósito por medio de una bomba de aspiración que, para funcionar, necesita el mantenimiento de un mínimo nivel de líquido dentro del depósito. El técnico experto reconocerá también que la presente invención es particularmente ventajosa cuando el depósito se utiliza para el almacenamiento de líquidos a una temperatura elevada, en particular a una temperatura superior a aproximadamente 180°C.

En referencia a las figuras, un depósito 1 principal para la contención de líquidos de acuerdo con la presente invención comprende un fondo 2, el perfil del cual es plano, y una pared 3 lateral que surge del fondo 2.

45 El depósito 1 principal está asociado con una bomba 4 de aspiración para la transferencia de las sales fundidas fuera del depósito 1, desde la parte superior del mismo. Preferiblemente, la bomba 4 es una bomba centrífuga vertical. Otro tipo de bomba 4 de aspiración que puede utilizarse es una bomba hélice montada en la parte superior del depósito 1 que tenga una tubería de succión sumergida en el líquido que aspira desde las proximidades del fondo 2 del depósito 1.

50 Para que la bomba 4 pueda funcionar correctamente, y en particular para evitar el fenómeno de la cavitación, es esencial que el nivel de las sales fundidas dentro del depósito 1 principal sea superior a la "mínima altura de aspiración positiva" de la bomba (denominada de aquí en adelante MPSH en la presente memoria). En el caso de

una bomba centrífuga vertical, el impulsor de la bomba debe mantenerse sumergido de una manera suficiente en las sales fundidas.

5 En las figuras adjuntas del depósito principal, la bomba de aspiración y las conexiones de la misma sólo se muestran de manera esquemática, dándose por sabido para una persona experta en la técnica. En particular, en las figuras adjuntas la bomba 4 se muestra esquemáticamente como una bomba centrífuga vertical que tiene un eje 40 vertical que tiene, en su extremo inferior, un impulsor 41 y que está conectada, en su extremo superior, a un motor 42 eléctrico.

10 El depósito 1 principal comprende al menos un elemento 5 que está situado dentro del depósito 1 principal, en las proximidades de su fondo 2. De acuerdo con la presente invención, al menos parte del volumen de elemento 5 debe estar dispuesto a una altura, con respecto al fondo 2, que sea inferior al "nivel mínimo" (denominado de aquí en adelante "ML" en la presente memoria) de las sales fundidas necesario para garantizar la MPSH por encima del impulsor de la bomba.

15 La presencia del elemento 5 hace que una parte del volumen del depósito 1 principal no esté disponible para las sales fundidas en las proximidades del fondo 2, cuando el nivel de líquido se acerca al ML. Debido a que el elemento 5 ocupa una parte del volumen del depósito 1 principal que está a una altura, con respecto al fondo 2, más baja que el ML de sales fundidas necesario para garantizar la MPSH por encima del impulsor de la bomba, esto implicará que las sales fundidas ocupen el volumen restante del depósito 1 principal que está necesariamente a una altura, con respecto al fondo 2, por encima del mencionado ML. De esta manera, se desplaza un volumen de sales fundidas igual al volumen de elemento 5 y se hace disponible para la bomba 4 para ser extraído del depósito 1 principal.

20 De acuerdo con la presente invención, el área (A_e) superficial en cualquier sección horizontal del elemento 5 está dimensionada de acuerdo con las restricciones de diseño del depósito, tales como, pero sin estar limitadas a, la presencia de bombas, burbujeadores, pozos térmicos, resistencias, serpentines de calentamiento.

El área superficial en la sección horizontal del depósito 1 principal que no está ocupada por el elemento 5 se denominará también de aquí en adelante área de bomba.

25 En una primera realización de la presente invención, el elemento 5 comprende una masa o más de una fabricada de un material que es inerte con respecto a las sales fundidas - o a cualquier otro líquido - presentes en el depósito 1 principal.

La densidad de la masa inerte es mayor que la del líquido de tal manera que la masa no flotaría en el líquido.

30 Mediante el término "masa químicamente inerte" se pretende hacer referencia a una masa de material que, cuando entra en contacto con el líquido contenido en el depósito, no altera las propiedades del líquido: ni reacciones químicas ni disoluciones ni mezclas ni fenómenos de erosión ocurren en una magnitud tal que haga que el líquido deje de ser apropiado para su uso.

35 El tipo de material inerte que se debe utilizar depende de las características del líquido contenido en el depósito 1 principal. En el caso de las sales fundidas utilizadas como un medio de almacenamiento de calor, la selección del material inerte debe abordar cuestiones tales como su estabilidad química y térmica altas temperaturas, su resistencia mecánica a la compresión y cuestiones de este tipo.

Ejemplos de materiales inertes que pueden ser utilizados de acuerdo con la presente invención son: roca granítica, pellets de mineral de hierro (taconita), piedra caliza, mármol, cuarcita, witherita, barita, bauxita, ilmenita, anhídrita, carburo de silicio, apatito, scheelita, casiterita y arena de sílice.

40 Se ha determinado que después de realizar ensayos sobre las características químicas y mecánicas de los materiales inertes mencionados anteriormente y considerando su disponibilidad y coste, los materiales inertes preferidos para ser aplicados, en solitario o como parte de una mezcla, en la presente invención son: pellets de mineral de hierro (taconita), piedra caliza, mármol, cuarcita y arena de sílice.

45 En un ejemplo adicional que no está de acuerdo con la presente invención (figuras 1-1a), el elemento 5 comprende un cuerpo 11 de contención, que tiene cualquier forma, que contiene una masa 10 de uno de los materiales inertes mencionados más arriba o más de uno.

50 Preferiblemente, el cuerpo 11 de contención está provisto de al menos una abertura 13 para poner en comunicación la parte interna del cuerpo 11 de contención, es decir la cámara encerrada por el cuerpo 11 de contención, con la parte interna, es decir el volumen interno, del depósito 1 principal, permitiendo de esta forma un flujo libre de las sales fundidas entre el interior del cuerpo 11 de contención y el volumen interno del depósito 1 principal. Preferiblemente, la abertura 13 mencionada está situada en la superficie 15 superior del cuerpo 11 de contención.

El confinamiento lateral o las paredes 12 del cuerpo 11 de contención pueden estar fabricados de una lámina metálica de un grosor apropiado para confinar la masa inerte.

- El confinamiento lateral o las paredes 12 pueden estar fabricados de un material seleccionado entre aceros al carbono y aceros aleados de acuerdo con las condiciones de temperatura y la composición de las sales en el depósito 1 principal.
- 5 La lámina metálica del confinamiento lateral o las paredes 12 pueden estar conformadas, por ejemplo, como un dique circunferencial, como un deflector segmentario, o como una combinación de ambos, y también como cualquier otra forma poligonal o curvada que fuese más apropiada para abordar otras restricciones de diseño del depósito, tales como, pero sin estar limitadas a, el espacio necesario para la instalación de bombas, burbujeadores, pozos térmicos, resistencias, o serpentines de calentamiento.
- 10 La altura del confinamiento lateral o las paredes 12 se dimensionará de acuerdo con la MPSH por encima del impulsor de la bomba establecida por el fabricante de la bomba. En un depósito de almacenamiento de calor que tiene un diámetro comprendido en el intervalo entre 20 y 70 metros, una altura en el intervalo comprendido entre 7 y 18 metros, la altura del confinamiento lateral o paredes 12 está preferiblemente comprendida en el intervalo entre 0,3 y 2 metros, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,5 y 1 metro.
- 15 Preferiblemente, las láminas metálicas del confinamiento 12 lateral están ancladas al fondo 2 del depósito 1 principal mediante soldadura, bien de punto o bien continua, o mediante otra técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.
- El cuerpo 11 de contención puede tener una superficie superior o confinamiento 15, tal como una rejilla de malla metálica, una lámina metálica agujereada o una combinación de ambas con el fin de confinar, en el lado superior, la masa 10 de material inerte.
- 20 La superficie superior o confinamiento 15 ofrece la ventaja de permitir el uso de materiales inertes que tengan una densidad inferior que la de las sales fundidas u otro líquido contenido en el depósito 1.
- Como ya se ha dicho, la superficie superior o confinamiento 15 puede estar provista de al menos una abertura 13 que pone en comunicación la cámara interna del cuerpo 11 de contención, dentro del cual está contenida la masa 10 de material inerte, y el volumen interno del depósito 1 principal que contiene las sales fundidas.
- 25 La abertura 13, que puede estar cubierta por una rejilla 6 metálica que tenga un grosor apropiado y una malla apropiada, asegura que la presión generada por la altura hidrostática de las sales fundidas en el depósito 1 principal se distribuye tanto en el lado interno como en el lado externo del confinamiento 12 lateral, permitiendo por lo tanto el uso de unos confinamientos 12 laterales fabricados de una lámina metálica más delgada.
- 30 La superficie superior o confinamiento 15 puede estar fabricada de un material seleccionado entre aceros al carbono y aceros aleados de acuerdo con las condiciones de temperatura y la composición de las sales.
- La superficie superior o confinamiento 15 está conectada al confinamiento 12 lateral mediante soldadura, bien de punto o bien continua, o mediante otra técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.
- El fondo del cuerpo 11 de contención puede coincidir con la parte correspondiente del fondo 2 del depósito 1 principal, o alternativamente puede estar fabricado de una placa de fondo separada y diferente.
- 35 De acuerdo con una realización preferida de la invención (no mostrado en los dibujos), el cuerpo 11 de contención se rellena con una capa de masa 10 de materiales inertes o más de una. Preferiblemente, el cuerpo 11 de contención se rellena con una primera capa de arena de sílice y con una segunda capa de cuarcita triturada depositada encima de la primera capa.
- 40 En un ejemplo posible adicional (figura 2), el elemento 5 comprende al menos un cuerpo 11 de contención relleno con un fluido, tal como un gas inerte o un líquido. El cuerpo 11 de contención no tiene aberturas que pongan su volumen interno en comunicación con la masa de sales fundidas contenida en el depósito 1 principal.
- El fluido dentro del cuerpo 11 de contención puede ser, por ejemplo, nitrógeno u otro gas inerte que se suministre mediante un sistema externo de suministro y evacuación de gas conectado al cuerpo 11 de contención.
- 45 El cuerpo 11 de contención puede ser un tanque o un segundo depósito (de aquí en adelante, referido también como "depósito secundario") fijado de manera apropiada al fondo 2 y que ocupa una parte inferior del depósito 1 principal. En la figura 2, el cuerpo 11 de contención se representa como un depósito secundario.
- Preferiblemente, el tanque o depósito secundario está anclado al fondo 2 del depósito 1 principal mediante soldadura, bien de punto o bien continua, o mediante otra técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.
- 50 Preferiblemente, se emplean en un depósito 1 principal una serie de cuerpos 11 de contención que tienen un tamaño variable, y el número y tamaño de los cuerpos 11 de contención depende de la magnitud deseada de sales fundidas que debe desplazarse sobre la MPSH por encima del impulsor de la bomba establecida por el fabricante de la

bomba.

Preferiblemente, los tanques o depósitos secundarios utilizados como cuerpos 11 de contención tienen forma cilíndrica.

5 El diámetro o el diámetro equivalente de un tanque cilíndrico está comprendido preferiblemente en el intervalo entre 0,4 metros y 2,5 metros, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,5 metros y 1,5 metros.

La altura de un depósito cilíndrico está comprendida preferiblemente en el intervalo entre 0,3 metros y 2 metros, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,5 metros y 1 metro.

10 Cuando el cuerpo 11 de contención es un depósito secundario, sus paredes pueden reforzarse mediante viguetas, varillas circunferenciales (internas o externas) y por cualquier otro medio o técnica conocida en la técnica para construcción mecánica. El techo del depósito puede estar soportado internamente por medios de soporte o adoptando otra técnica conocida en la técnica para construcción mecánica apropiada para soportarlo y para reducir el grosor del techo.

En una realización posible adicional de la presente invención (figuras 3-9), el depósito 1 principal comprende al menos un elemento 5 que consiste en un colchón 30 de gas que tiene un volumen controlable.

15 El colchón 30 de gas dentro del depósito 1 principal puede proporcionarse en diferentes realizaciones.

En una primera realización, el colchón 30 de gas está definido por un tanque 16 o más de uno (figuras 3, 3a y 3b) o por un depósito 17 secundario o más de uno (figura 4, 4a, 4b, 5 y 5a) situado dentro del depósito 1 principal, en las proximidades de su fondo 2.

20 Los tanques 16 por los depósitos 17 secundarios están provistos de una abertura 7 o más de una en su parte inferior, cerca del fondo 2 del depósito 1 principal, lo que permite el paso de las sales fundidas hacia adentro y hacia afuera de los tanques 16 o los depósitos 17 secundarios.

Los tanques 16 o los depósitos 17 secundarios están rellenos al menos parcialmente con un gas inerte. Para ello, los tanques 16 o los depósitos 17 secundarios están conectados, en sus partes superiores, por ejemplo a través de una tubería 8, a un sistema de suministro y evacuación de un gas inerte (por ejemplo nitrógeno).

25 El sistema de suministro y evacuación de nitrógeno o de un gas inerte se hace funcionar con el fin de asegurar que la presión dentro de los tanques 16 o los depósitos 17 secundarios es igual o superior a la presión de la fase gaseosa dentro del depósito 1 principal.

30 Los tanques 16 o los depósitos 17 secundarios pueden estar anclados al fondo 2 del depósito 1 principal mediante soldadura, bien de punto o bien continua, o mediante otra técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.

El tamaño del tanque 16 o del depósito 17 secundario se elige de acuerdo con las restricciones de diseño del depósito, tales como, pero no limitadas a, la presencia de bombas, burbujeadores, pozos térmicos, resistencias, serpentines de calentamiento.

35 Preferiblemente, los tanques 16 tienen forma tubular con un diámetro comprendido en el intervalo entre 0,3 metros y 2,5 metros, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,5 metros y 1,5 metros.

Los depósitos 17 secundarios tienen una altura dimensionada de acuerdo con la MPSH del impulsor de la bomba establecido por fabricante de la bomba. Preferiblemente, la altura del depósito 17 secundario está comprendida en el intervalo entre 0,3 metros y 2,5 metros, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,5 metros y 1,5 metros.

40 Las aberturas 7, que permiten el flujo libre de las sales fundidas contenidas en el depósito 1 principal hacia adentro y hacia afuera de los tanques 16 o los depósitos 17 secundarios pueden tener forma rectangular, circular o cualquier otra. La altura de las aberturas 7, medida desde el fondo 2 del depósito 1 principal está comprendida preferiblemente en el intervalo entre 0,01 metros y 1 metro, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,02 metros y 0,5 metros, y de manera más preferible en el intervalo comprendido entre 0,04 metros y 0,12 metros.

45 El material del tanque o el depósito puede seleccionarse entre aceros al carbono y aceros aleados de acuerdo con las condiciones de temperatura en el depósito 1 principal y con la composición de las sales.

Cuando el colchón 30 de gas está definido por un depósito 17 secundario, el techo del depósito 17 secundario puede estar soportado internamente por un medio apropiado o mediante la adopción de cualquier técnica conocida en la técnica para construcción mecánica apropiada para soportarlo y para reducir el grosor del techo.

50 El depósito 17 secundario puede estar anclado al fondo 2 del depósito 1 de sales fundidas principal por medio de soldadura, bien de punto o bien continua, o mediante otra técnica conocida en la técnica para construcción

mecánica.

Las paredes del depósito 17 secundario pueden reforzarse mediante viguetas, varillas circunferenciales (internas o externas) y por cualquier otro medio o técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.

5 El depósito 17 secundario puede tener o puede no tener una placa de fondo diferente de la placa de fondo del depósito 1 principal.

En una segunda realización alternativa, el colchón 30 de gas está definido mediante un compartimento 20 o más de uno (figura 6, 6a a 6f) situados dentro del depósito 1 principal, en las proximidades de su fondo 2.

Cada compartimento 20 está provisto de una abertura 70 o más de una en su parte inferior, cerca del fondo 2 del depósito 1 principal, lo que permite el paso de las sales fundidas hacia dentro y hacia afuera de compartimento 20.

10 El compartimento 20 está relleno al menos parcialmente con un gas inerte. Para ello, el compartimento 20 está conectado, en su parte superior, por ejemplo a través de una tubería 80, a un sistema de suministro y evacuación de gas inerte (por ejemplo, nitrógeno) (el sistema de suministro y evacuación no se muestra en las figuras 6, 6a a 6f).

15 El sistema de suministro y evacuación de nitrógeno o de un gas inerte se hace funcionar con el fin de asegurar que la presión dentro del compartimento 20 es igual o superior a la presión de la fase gaseosa dentro del depósito 1 principal.

El tamaño del compartimento 20 se elige de acuerdo con las restricciones de diseño del depósito, tales como, pero no limitadas a, la presencia de bombas, burbujeadores, pozos térmicos, resistencias, serpentines de calentamiento.

20 El compartimento 20 tiene una altura dimensionada de acuerdo con la MPSH del impulsor de la bomba establecido por fabricante de la bomba, preferiblemente en el intervalo entre 0,3 metros y 2 metros, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,5 metros y 1,2 metros.

El compartimento 20 puede tener o puede no tener una placa de fondo diferente de la placa de fondo del depósito de sales fundidas (fondo 2).

Las paredes de confinamiento lateral del compartimento 20 pueden ser un deflector segmentario o cualquier otro perfil poligonal o circular o curvado como dicten las restricciones en el depósito principal de sales fundidas.

25 En una realización preferida, el compartimento 20 ocupa toda el área del fondo del depósito (figura 6f), dejando libre una parte para acomodar la bomba (área 14 de bomba).

30 Las aberturas 70, que permiten el flujo libre de las sales fundidas hacia adentro y hacia afuera del compartimento 20 pueden tener forma rectangular, circular o cualquier otra (figura 7a y 7b). La altura de las aberturas 70, medida desde el fondo 2 del depósito 1 principal estará comprendida preferiblemente en el intervalo entre 0,01 metros y 1 metro, más preferiblemente en el intervalo comprendido entre 0,02 metros y 0,5 metros, y de manera más preferible en el intervalo comprendido entre 0,04 metros y 0,12 metros.

El material del tanque o el depósito secundario se selecciona entre aceros al carbono y aceros aleados de acuerdo con las condiciones de temperatura en el depósito 1 principal y con la composición de las sales.

35 El techo del compartimento 20 puede estar soportado internamente mediante viguetas o bien adoptando cualquier otra técnica conocida la técnica para construcción mecánica apropiada para soportarlo y para reducir el grosor del techo.

El compartimento 20 puede estar anclado al fondo 2 del suelo del depósito principal por medio de soldadura, bien de punto o bien continua, o mediante otra técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.

40 Las paredes de confinamiento del compartimento 20 pueden reforzarse mediante viguetas, varillas circunferenciales, internas o externas y por cualquier otro medio o técnica conocida en la técnica para construcción mecánica.

El esquema de un posible sistema 21 de suministro y evacuación de nitrógeno o gas inerte apropiado para utilizarse en la presente invención se bosqueja de manera esquemática en las figuras 8, 8a y 8b, en referencia particular a la realización que comprende un depósito 17 secundario interno o más de uno, siendo el mismo para las realizaciones que comprenden tanques 16 o compartimentos 20 o una combinación de ellos.

45 Tal como se mencionó anteriormente, cada depósito 17 secundario interno tiene, en su lado inferior, aberturas 7 a través de las cuales fluyen las sales fundidas desde el depósito 1 principal hasta el depósito 17 secundario interno y viceversa, mientras está conectado en su lado superior a un sistema 21 de suministro y evacuación de gas inerte por medio del cual se genera y se controla un colchón 30 de gas de volumen variable, que forma el elemento 5.

50 El sistema 21 de suministro y evacuación del gas inerte conectado al depósito 17 secundario comprende al menos dos reguladores 22 y 23 (controladores) de válvula de control de presión, o cualquier otro dispositivo de control

apropiado de acuerdo con la técnica conocida en la técnica de la ingeniería de control de procesos y la ingeniería de instrumentación.

5 Un primer controlador 22 admitirá nitrógeno hacia adentro del depósito 17 secundario con el fin de generar y mantener dentro del depósito 17 secundario un primer umbral de presión, cuyo valor es cercano al valor de la presión generada por el nivel de sales fundidas que corresponde al nivel requerido para mantener la mínima altura de aspiración positiva (MPSH) por encima del impulsor de la bomba. El primer umbral de presión se denominará de ahora en adelante en la presente memoria primer punto de ajuste de presión.

10 El segundo controlador 23 evacuará nitrógeno hacia afuera del depósito 17 secundario cuando la presión dentro de éste alcanza un segundo umbral de presión (segundo punto de ajuste de presión (segundo punto de ajuste de presión). El segundo punto de ajuste de presión puede variar desde un valor mínimo (figura 8a), que corresponde a una presión ligeramente superior al primer punto de ajuste (0,01 bares o más), hasta un valor máximo, superior al valor de la presión generada por el nivel de sales fundidas que corresponde con el nivel máximo en el depósito 1 principal de sales fundidas (figura 8b).

15 Variando el valor del segundo punto de ajuste de presión, puede determinarse el volumen del colchón 30 de gas dentro del depósito 17 secundario como una función de la cantidad de sales fundidas contenida en el depósito 1 principal. Por lo tanto, ajustando el primer punto de ajuste de presión y el segundo punto de ajuste de presión es posible controlar el volumen del elemento 5, es decir del colchón 30 de gas, que permanecerá a una altura, con respecto al fondo 2 del depósito 1 principal, inferior al nivel mínimo de las sales fundidas requerido para garantizar el valor de la MPSH por encima del impulsor de la bomba.

20 Cuando el nivel de las sales fundidas en el depósito 1 principal se acerque al nivel requerido para garantizar la MPSH por encima del impulsor de la bomba, el nivel de las sales fundidas dentro del depósito 17 secundario será mínimo y corresponderá de manera sustancial a la altura de las aberturas en la parte inferior del mencionado tanque 16, el depósito 17 secundario o el compartimento 20 (figura 8).

25 Cuando el nivel de las sales fundidas en el depósito 1 principal sea máximo, el nivel en el depósito 17 secundario alcanzará su máximo valor en un nivel que depende del valor del segundo punto de ajuste de presión.

30 Si el segundo punto de ajuste de presión tiene un valor cercano al valor del primer punto de ajuste de presión, cuando el nivel de las sales fundidas en el depósito 1 principal sea máximo, entonces el depósito 17 secundario y parte de la tubería 8 que lo conecta al sistema 21 de suministro y evacuación de gas inerte estarán llenos de sales fundidas (figura 8a). Cuando se "vacíe" el depósito 1 principal, es decir cuando se absorban las sales fundidas del depósito 1 principal, el primer controlador 22 admitirá la entrada de nitrógeno en el depósito 17 secundario, a través de la tubería 8.

El nivel de las sales fundidas dentro de la tubería 8 que conecta el depósito 17 secundario al sistema 21 de suministro y evacuación de gas inerte se indica en las figuras 8a y 8b con la etiqueta "LS".

35 Por consiguiente, si el segundo punto de ajuste de presión tiene un valor cercano al valor del primer punto de ajuste de presión, cuando el nivel de las sales fundidas aumente en el depósito 1 principal, el segundo controlador 23 evacuará el nitrógeno hacia afuera.

40 Si el segundo punto de ajuste de presión tiene un valor cercano al valor de la presión generada por el nivel de las sales fundidas que corresponde al máximo nivel de las sales fundidas en el depósito 1 principal, cuando el nivel de las sales fundidas en el depósito 1 principal sea máximo, el depósito 17 secundario estará relleno de manera parcial con sales fundidas mientras la presión de gas aumenta hasta el segundo punto de ajuste de presión y se evacuará muy poco nitrógeno (figura 8b).

Por consiguiente, cuando se "vacíe" el depósito 1 principal, el nitrógeno se expandirá dentro del depósito 17 secundario, el nivel de las sales fundidas dentro de ellos alcanzará su valor mínimo y el primer controlador 22 admitirá muy poco nitrógeno en el depósito 17 secundario a través de la tubería 8.

45 Un esquema diferente para el funcionamiento del sistema de suministro y evacuación de gas inerte se bosqueja en la figura 9. De acuerdo con este esquema, el depósito 17 secundario, o el tanque 16 o el compartimento 20, o dos o más depósitos 1 principales, están conectados entre ellos de tal manera que los colchones (30) de gas de elemento (5) de cada depósito (1) comparten un sistema 21' de suministro y evacuación de gas común. De manera ventajosa, los dos depósitos 1 principales están conectados por medio de un circuito 24 de sales fundidas para transferir la sal fundida desde un primer depósito de los mencionados depósitos 1 principales al segundo o viceversa.

50 En referencia a la figura 9, el sistema 21' de suministro y evacuación tendrá el primer punto de ajuste de presión (es decir, el umbral para la admisión de gas) ajustado a un valor tal que mantenga la presión de gas dentro de cada depósito 17 secundario y de la tubería 8 respectiva que los conectan con el sistema 21' de suministro y evacuación de gas cerca de la presión generada por el nivel de las sales fundidas que corresponde al nivel requerido para garantizar la MPSH por encima del impulsor de la bomba en cada uno de los depósitos 1 principales.

55

El segundo punto de ajuste de presión (es decir, el umbral para la evacuación de nitrógeno) se ajustará a un valor de presión superior al primer punto de ajuste de presión e inferior al valor de la presión generada por el nivel de sales fundidas que corresponde al nivel máximo de las sales fundidas en el depósito 1 principal.

5 Este sistema 21' de suministro y evacuación común combina la ventaja de un consumo de nitrógeno muy bajo así como de la disponibilidad completa del volumen de cada uno de los depósitos 17 secundarios para el almacenamiento de sales fundidas cuando el depósito 1 principal respectivo está lleno de sales fundidas.

10 Una ventaja específica de la presente invención es el uso flexible del tanque 16, el depósito 17 secundario o el compartimento 20 que se usan, parcialmente o completamente, para almacenar sales fundidas cuando el depósito 1 principal está completamente lleno, cuyas sales fundidas, sin embargo, están disponibles para transferencia de calor cuando el depósito se vacía.

15 Se ha encontrado que la presente invención consigue los alcances planteados, en concreto el depósito de acuerdo con la presente invención permite minimizar la cantidad de sales fundidas (líquido) no utilizable como medio de almacenamiento de transferencia de calor, asegurando a la vez el funcionamiento correcto de la bomba de aspiración utilizada para succionarlas del depósito. En particular, el al menos un elemento proporcionado dentro del depósito para que al menos parte de su volumen esté dispuesto por debajo del nivel mínimo que corresponde a la mínima altura de aspiración positiva requerida por la bomba de aspiración desplaza un volumen correspondiente del líquido, es decir, de sales fundidas, haciéndolo disponible para la bomba, y, al mismo tiempo, garantiza el mantenimiento de dicho nivel mínimo.

20 Los ejemplos que siguen se ofrecen con propósito puramente ilustrativo de la presente invención y no deben considerarse como limitantes del alcance protegido tal como se indica en las reivindicaciones adjuntas.

Ejemplo 1 (estado del arte)

Una central de concentración solar requiere la instalación de un sistema de almacenamiento de calor con una capacidad de 1.000 MWh durante 8 horas de almacenamiento.

25 Para satisfacer estos requerimientos de capacidad de almacenamiento de calor, un sistema de almacenamiento de calor de acuerdo con el estado del arte consiste en un depósito caliente y un depósito frío que contienen, cada uno de ellos, una mezcla de sales fundidas con un 39-41% de KNO_3 y un 59-61% de NaNO_3 que tiene un calor específico de $1,50 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$ y una densidad media de $1,87 \text{ kg/m}^3$ en un intervalo de temperaturas entre 290°C y 390°C . La temperatura del depósito frío es de 290°C y la temperatura del depósito caliente es de 390°C .

30 Un sistema de almacenamiento de calor tal requiere 24.000 toneladas de mezcla de sales fundidas transferibles libremente desde un depósito hasta el otro, con un caudal de flujo de 3.000 toneladas/hora.

35 La disposición seleccionada necesita 2 bombas para las cuales los fabricantes necesitan habitualmente una altura de aspiración positiva neta de 5,0 - 5,2 m de columna del líquido correspondiente a un nivel de sales fundidas por encima del impulsor de la bomba de 0.70 m que incluye también un margen con el fin de asegurar siempre una altura de aspiración positiva neta mayor que la requerida. Puesto que la parte superior del impulsor está situada a 0,3 m con respecto al fondo de los depósitos de sales fundidas, se necesita por lo tanto una ML de 1,0 m.

La altura del depósito está determinada por la evaluación de diferentes factores tales como la capacidad portante del suelo, la densidad de los líquidos (sales fundidas), el inventario de líquidos (sales fundidas), la longitud del eje de la bomba, etc. y está definida considerando el diseño mecánico (el grosor de la pared) junto con el diseño de los cimientos.

40 Así las cosas, dada una capacidad portante del suelo de 15 toneladas/m^2 y considerando el peso del propio depósito de sales fundidas, la altura de las sales fundidas en cada depósito está limitada a 14 - 15 m aproximadamente, que representa la mejor disposición técnica y económica.

45 Por consiguiente, cada depósito tendrá un diámetro de 38 m y un nivel máximo de sales fundidas de 13,2 m para un volumen total de 14.970 m^3 correspondiente a 27.995 toneladas de sales fundidas, con una cantidad, para cada depósito, de 2.120 toneladas de sales fundidas, equivalente a 1.135 m^3 correspondientes a las necesidades de ML, que no estarán disponibles para ser transferidas por medio de las bombas.

Ejemplo 2

50 Para satisfacer los mismos requerimientos de capacidad de almacenamiento de calor de la central de concentración solar descrita en el Ejemplo 1, se diseñó un sistema de almacenamiento de calor que comprendía dos depósitos de almacenamiento de calor de acuerdo con la presente invención.

Se equipó cada depósito con el mismo número y tipo de bombas que los depósitos utilizados en el sistema de almacenamiento de calor del Ejemplo 1.

Se proporcionó a cada depósito de acuerdo con la presente invención un elemento consistente en un cuerpo de contención cilíndrico, fijado al fondo del depósito, que contenía una masa de material inerte del tipo mostrado en las figuras 1-1a.

5 El diámetro del cuerpo de contención era de 28 m y su altura era de 1,0 m, por lo que el volumen total ocupado era de 616 m³.

Se utilizó una rejilla como lado superior de confinamiento por encima del material inerte. La rejilla se soldó al confinamiento lateral del cuerpo de contención.

10 El material inerte consistió en una capa de arena de sílice que tenía una altura de 0,6 m y una fracción de vacío (definida como volumen de vacío dividido por volumen total) de 0,15. Se superpuso encima de la capa de arena de sílice una capa de roca de cuarcita triturada que tenía una altura de 0,40 m y una fracción de vacío de 0,10.

Por consiguiente, el volumen total ocupado por el elemento en cada depósito, que no podía ser ocupado por las sales fundidas, era de 536 m³. Este volumen es equivalente a 1.002 toneladas de sales fundidas que no necesitan ser adquiridas y cargadas en cada depósito de acuerdo con la presente invención.

15 Por comparación con el Ejemplo 1 (estado del arte), se satisface la capacidad de almacenamiento de calor de la misma central de concentración solar, por consiguiente, utilizando una cantidad reducida de sales fundidas.

Ejemplo 3

Se diseñó un sistema de almacenamiento de calor que comprendía dos depósitos de almacenamiento de calor de acuerdo con la presente invención para satisfacer los mismos requerimientos de capacidad de almacenamiento de calor de la central de concentración solar descrita en el Ejemplo 1.

20 Se equipó cada depósito con el mismo número y tipo de bombas que los depósitos utilizados en el sistema de almacenamiento de calor del estado del arte.

25 Cada depósito de acuerdo con la presente invención comprendía un elemento situado dentro del depósito, fijado al fondo del depósito, consistente en un cuerpo de contención de relleno con nitrógeno gaseoso. El cuerpo de contención era un depósito cilíndrico (depósito secundario) que no tenía ninguna abertura que pusiera su volumen interno en comunicación con la masa de sales fundidas contenida en el depósito principal.

El nitrógeno se suministró a cada depósito secundario por medio de un sistema externo de suministro y evacuación conectado al depósito secundario a través de una tubería.

30 El diámetro de cada depósito secundario era de 28 m y su altura era de 1,0 m. El volumen total ocupado por cada depósito secundario era de 616 m³ correspondiente a 1.152 toneladas de sales fundidas adicionales que no necesitan ser adquiridas, fundidas y cargadas en cada depósito.

El grosor de la pared del depósito secundario se calculó de acuerdo con el documento de la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Mecánicos (ASME) div. 1 y resultó ser de aproximadamente 12 mm.

35 Las paredes de confinamiento lateral del depósito secundario se soldaron directamente al suelo del depósito principal que contenía las sales fundidas, evitando por lo tanto utilizar un suelo separado para el depósito secundario.

El techo del depósito tenía un grosor de aproximadamente 12 mm y se utilizaron viguetas como refuerzo.

Por comparación con el Ejemplo 1 (estado del arte), se satisface la capacidad de almacenamiento de calor de la misma central de concentración solar, por consiguiente, utilizando una cantidad reducida de sales fundidas, que para cada depósito es igual a 616 m³ (1.152 toneladas).

Ejemplo 4

Se diseñó un sistema de almacenamiento de calor que comprendía dos depósitos de almacenamiento de calor de acuerdo con la presente invención para satisfacer los mismos requerimientos de capacidad de almacenamiento de calor de la central de concentración solar descrita en el Ejemplo 1.

Se equipó cada depósito con el mismo número y tipo de bombas de los depósitos utilizados en el estado del arte.

45 Cada depósito de acuerdo con la presente invención comprendía un elemento consistente en un compartimento relleno con nitrógeno gaseoso.

El nitrógeno se suministró a cada compartimento por medio de un sistema externo de suministro y evacuación conectado al compartimento a través de una tubería.

Cada compartimento presentaba aberturas, en su parte inferior, para permitir el flujo libre de las sales fundidas contenidas en el depósito principal dentro del volumen interno de compartimento.

Cada compartimento tenía forma cilíndrica con un diámetro de 28 m y una altura de 1,0 m. El volumen total ocupado por el compartimento era de 616 m³.

5 El grosor de la pared del compartimento era de 12 mm.

La pared del compartimento estaba soldada directamente al suelo de cada depósito de sales fundidas.

Se equipó cada depósito con aberturas que tenían 1 m de anchura y 0,1 m de altura. Las aberturas se realizaron con una inclinación de 3 m en el lado inferior de la pared del compartimento.

Cada techo de compartimento tenía un grosor de 12 mm y se utilizaron viguetas y vigas como refuerzo.

10 En el esquema de regulación de la presión de nitrógeno del depósito de sales fundidas caliente se seleccionó un primer punto de ajuste de presión de 0,13 bar g para el controlador de entrada, que correspondía a un nivel de sales fundidas dentro del depósito principal de 1,0 m; se seleccionó un segundo punto de ajuste de presión de 0,20 bar g para el controlador de evacuación, que está sólo ligeramente por encima del primer punto de ajuste de presión.

15 Cuando el nivel de las sales fundidas en el depósito caliente era mínimo, el nivel dentro del compartimento era de 0,25 m, apenas lo suficientemente alto como para mantener el nivel del líquido por encima de la altura de la abertura evitando que el gas inerte burbujease a través de las aberturas del compartimento. Por consiguiente, el volumen ocupado por el colchón de gas, en cada depósito, cuando el nivel del depósito es bajo era igual a 462 m³ que corresponde a 865 toneladas de sales fundidas que están adicionalmente disponibles para ser bombeadas en cada depósito de acuerdo con la presente invención.

20 Más aún, 983 toneladas de sales fundidas no necesitan ser adquiridas, fundidas y cargadas en cada depósito, reduciendo por lo tanto de manera acorde el volumen total y la altura total del depósito en comparación con el estado del arte.

25 Por comparación con el Ejemplo 1 (estado del arte), se satisface la capacidad de almacenamiento de calor de la misma central de concentración solar, por consiguiente, utilizando una cantidad reducida de sales fundidas y también utilizando depósitos que tienen un volumen inferior.

Ejemplo 5

En el mismo sistema de almacenamiento de calor del Ejemplo 4, los dos depósitos secundarios se conectaron de tal manera que los colchones de gas definidos por los depósitos secundarios compartían un sistema de suministro y evacuación de gas común (tal como se bosqueja en la figura 9).

30 Los depósitos caliente y frío se conectaron por medio de un circuito de sales fundidas para transferir las sales fundidas desde el depósito caliente hasta el depósito frío y viceversa.

35 Los sistemas de almacenamiento de calor se hicieron funcionar utilizando un esquema de regulación de presión de nitrógeno común para ambos depósitos caliente y frío, seleccionándose un primer punto de ajuste de presión de 0,13 bar g para el controlador de entrada, que corresponde a un nivel de sales fundidas dentro del depósito principal de 1,0 m, mientras que se seleccionó un segundo punto de ajuste de presión de 0,20 bar g, que está cerca del primer punto de ajuste de presión.

40 Cuando el nivel de las sales fundidas en el primer depósito era mínimo, el nivel dentro de su compartimento interno (primer compartimento) era de 0,25 m, que es el mismo del Ejemplo 4, ya que el nitrógeno contenido en el primer compartimento fluyó hasta el segundo compartimento del segundo depósito de sales fundidas. Por consiguiente, el volumen ocupado por el colchón de gas, en cada depósito, cuando el nivel del depósito es bajo, era igual a 462 m³ que corresponde a 865 toneladas de sales fundidas que están adicionalmente disponibles para ser bombeadas en cada depósito de acuerdo con la presente invención.

45 Cada vez que el depósito secundario caliente se vacía, necesitan ser admitidos en el compartimento un total de 190 Nm³ de nitrógeno. Suponiendo que se llevan a cabo 300 ciclos por año y que en cada ciclo el nitrógeno es evacuado, el consumo total de nitrógeno por año sería de 57.000 Nm³.

Permitiendo que el nitrógeno fluya desde el depósito caliente hasta el depósito frío tal como ocurre en el sistema de almacenamiento de calor del presente ejemplo, el consumo de gas por año, que es debido fundamentalmente a la diferencia de temperatura entre los dos depósitos, se reduce hasta un valor de 24.900 Nm³.

50 Por comparación con el Ejemplo 1 (estado del arte), se satisface la capacidad de almacenamiento de calor de la misma central de concentración solar, por consiguiente, utilizando depósitos que tienen un volumen inferior, minimizando a la vez el consumo de nitrógeno para cada operación de rellenado.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un depósito para la contención de un líquido, preferiblemente una sal fundida, donde dicho depósito está asociado con una bomba de aspiración de dicho líquido, donde dicho depósito comprende:
- un fondo del que surge una pared lateral,
- 5 en el que la mencionada bomba de aspiración requiere un nivel mínimo de líquido en el mencionado depósito para poder funcionar, donde el depósito incluye al menos un elemento que ocupa un volumen y que está situado dentro de dicho depósito con al menos una parte del mencionado volumen dispuesto a una altura, con respecto al mencionado fondo, que es inferior al mencionado nivel mínimo; donde dicho elemento incluye un colchón de gas de volumen variable, donde dicho colchón de gas es un tanque, un depósito secundario, un compartimento o una
- 10 combinación de los mismos, donde dicho colchón de gas está situado dentro del mencionado depósito y se comunica, en las proximidades del fondo del colchón de gas, con una parte interna de dicho depósito y, en las proximidades de la parte superior, con un sistema de suministro y evacuación de gas para crear dentro del mencionado tanque, el mencionado depósito secundario o el mencionado compartimento, una presión mayor o igual a la presión de la fase gaseosa dentro del mencionado depósito.
- 15 2.- El depósito de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el área del mencionado elemento en sección transversal con respecto al eje vertical del mencionado depósito es más pequeña que un área de sección transversal correspondiente del mencionado depósito.
- 3.- Un sistema de almacenamiento de calor que comprende al menos un depósito de acuerdo con la reivindicación 1.
- 20 4.- Una central que comprende dos depósitos o más de dos de acuerdo con la reivindicación 1.
- 5.- Una central que comprende dos depósitos o más de dos de acuerdo con la reivindicación 1, en la que los colchones de gas mencionados de cada depósito comparten un sistema de suministro y evacuación de gas común.
- 6.- La central de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende adicionalmente al menos un primer depósito y un segundo depósito conectados uno a otro mediante un circuito de sales fundidas para transferir el líquido desde el
- 25 primer depósito hasta segundo depósito y viceversa.
- 7.- Un método para almacenar calor en un depósito de acuerdo con la reivindicación 1.
- 8.- Un método para almacenar calor en una central de acuerdo con la reivindicación 4.

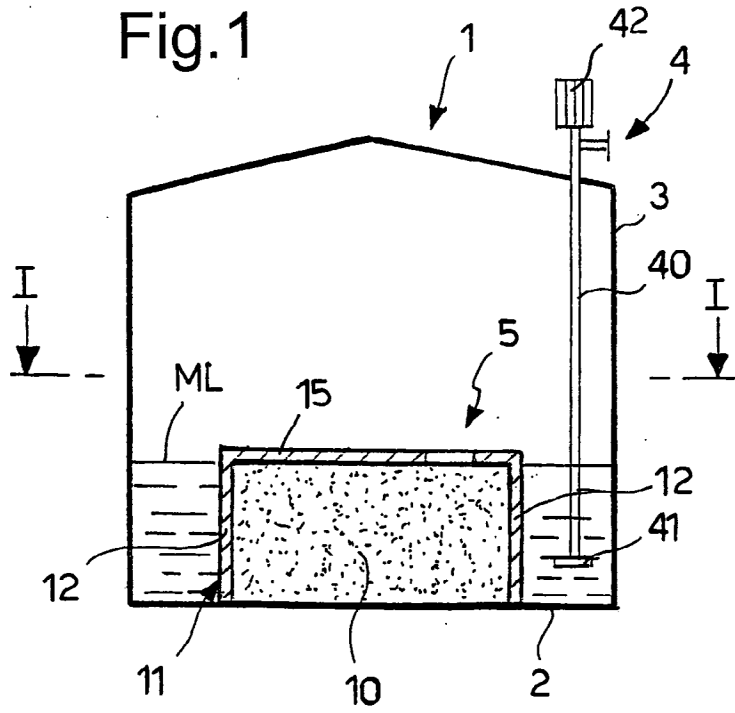
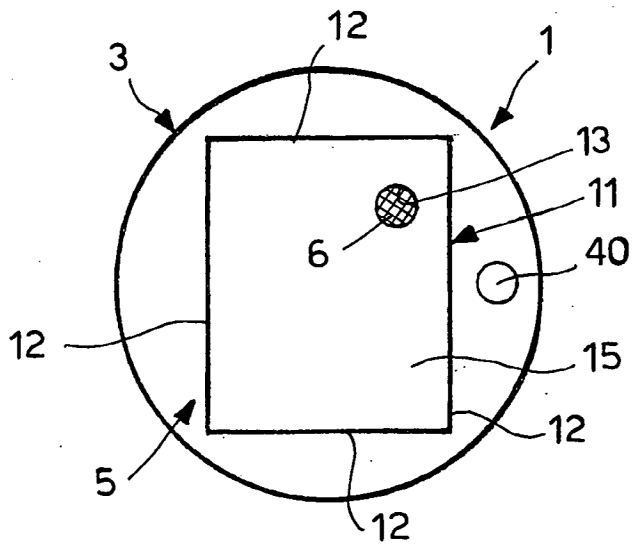


Fig. 1a



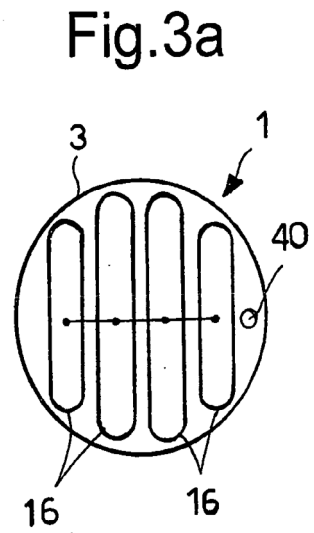
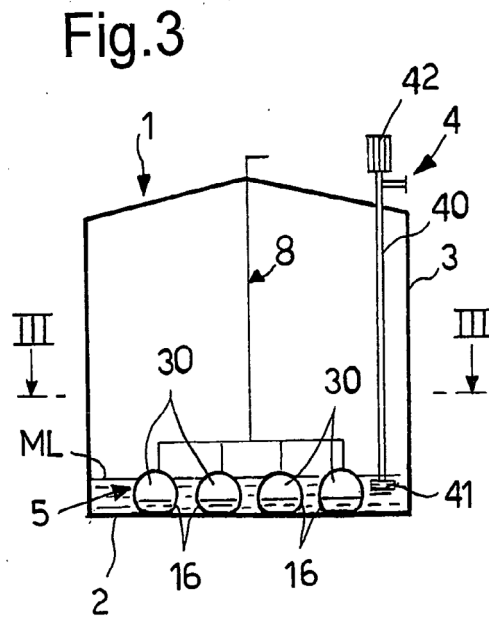
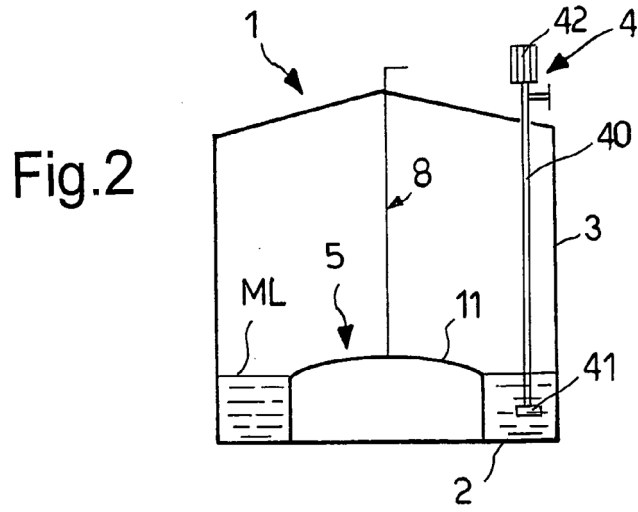
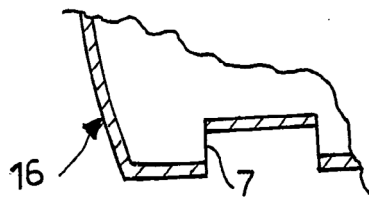


Fig.3b



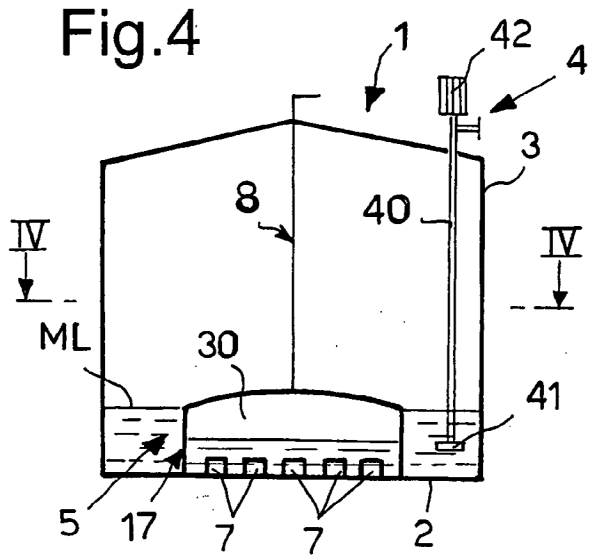


Fig.4a

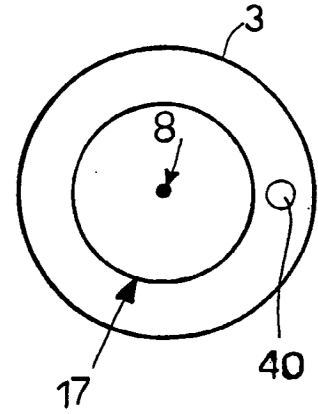


Fig.4b

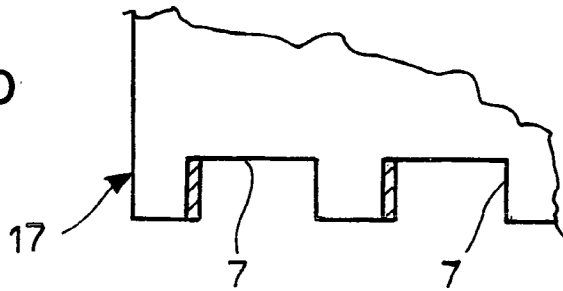


Fig.5

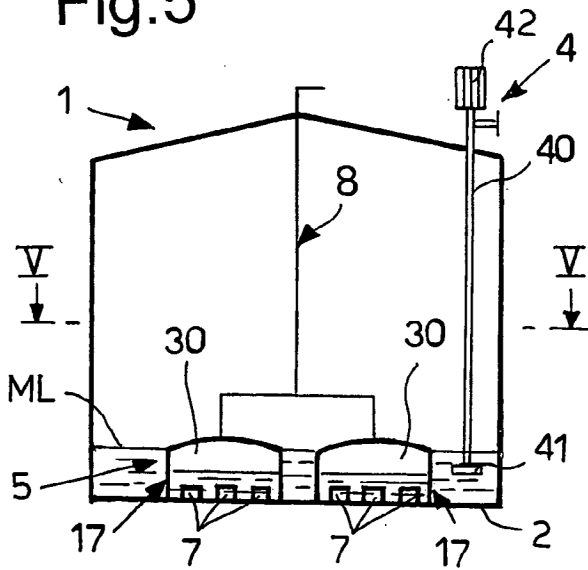
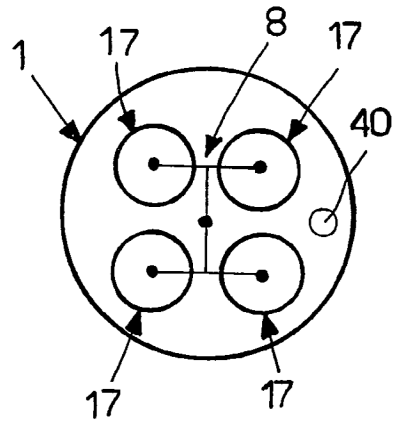


Fig.5a



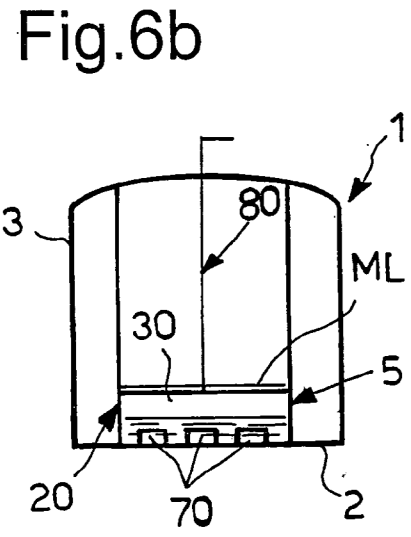
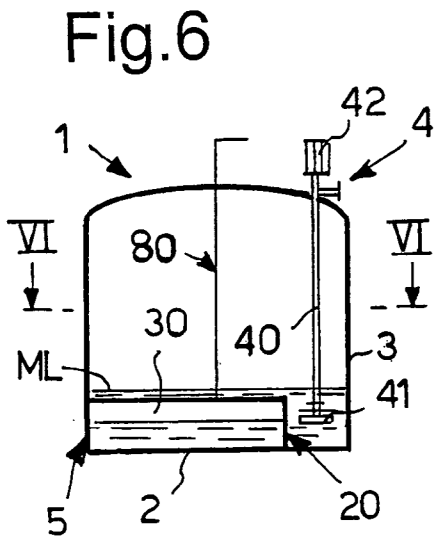


Fig.6a

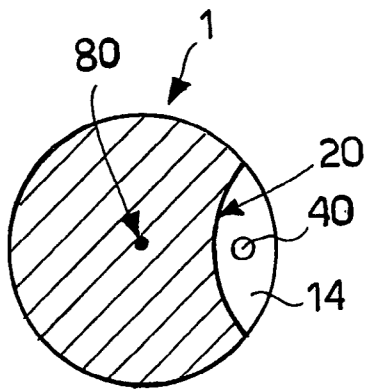
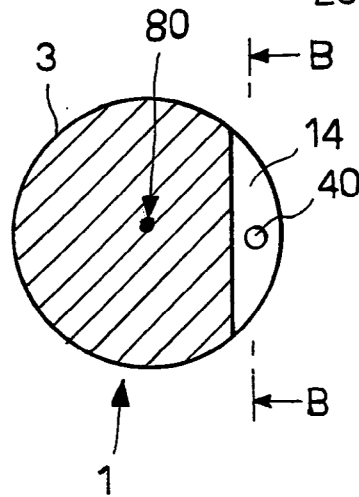


Fig.6c

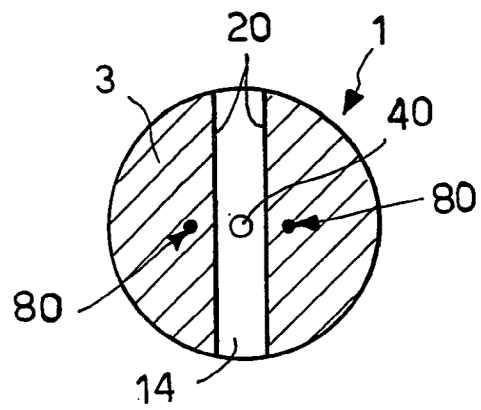


Fig.6d

Fig.6e

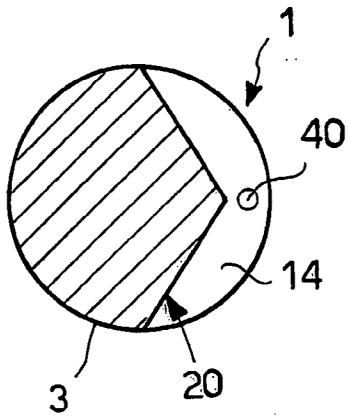


Fig.6f

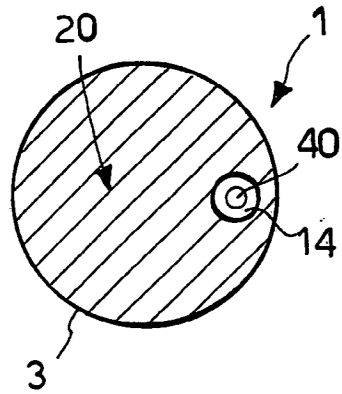


Fig.7a

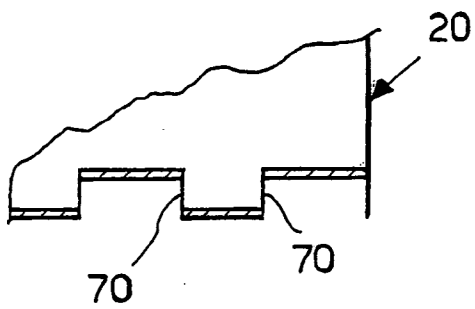


Fig.7b

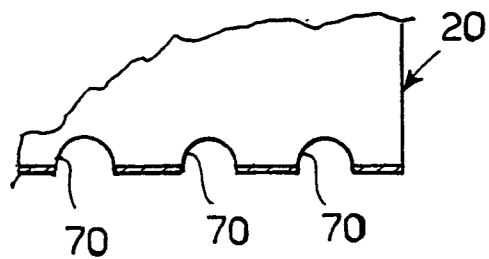


Fig.8

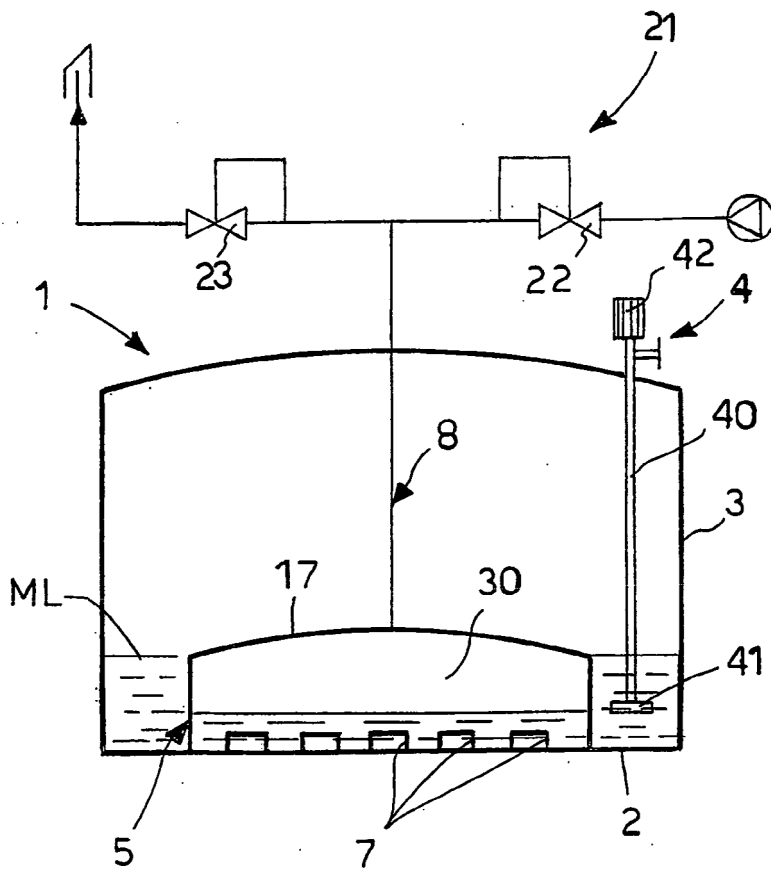


Fig.8a

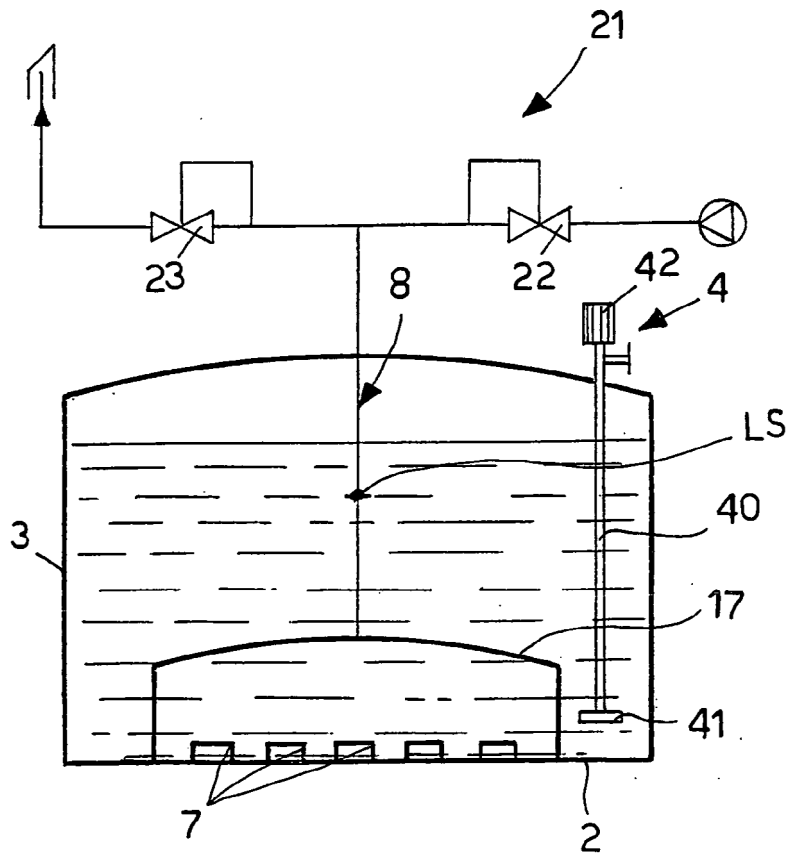
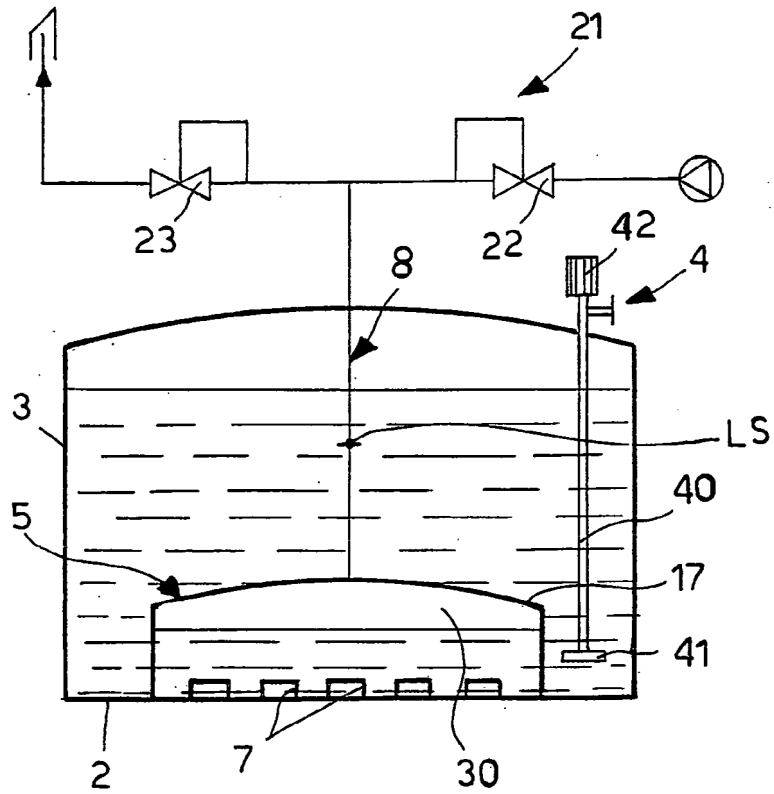


Fig.8b



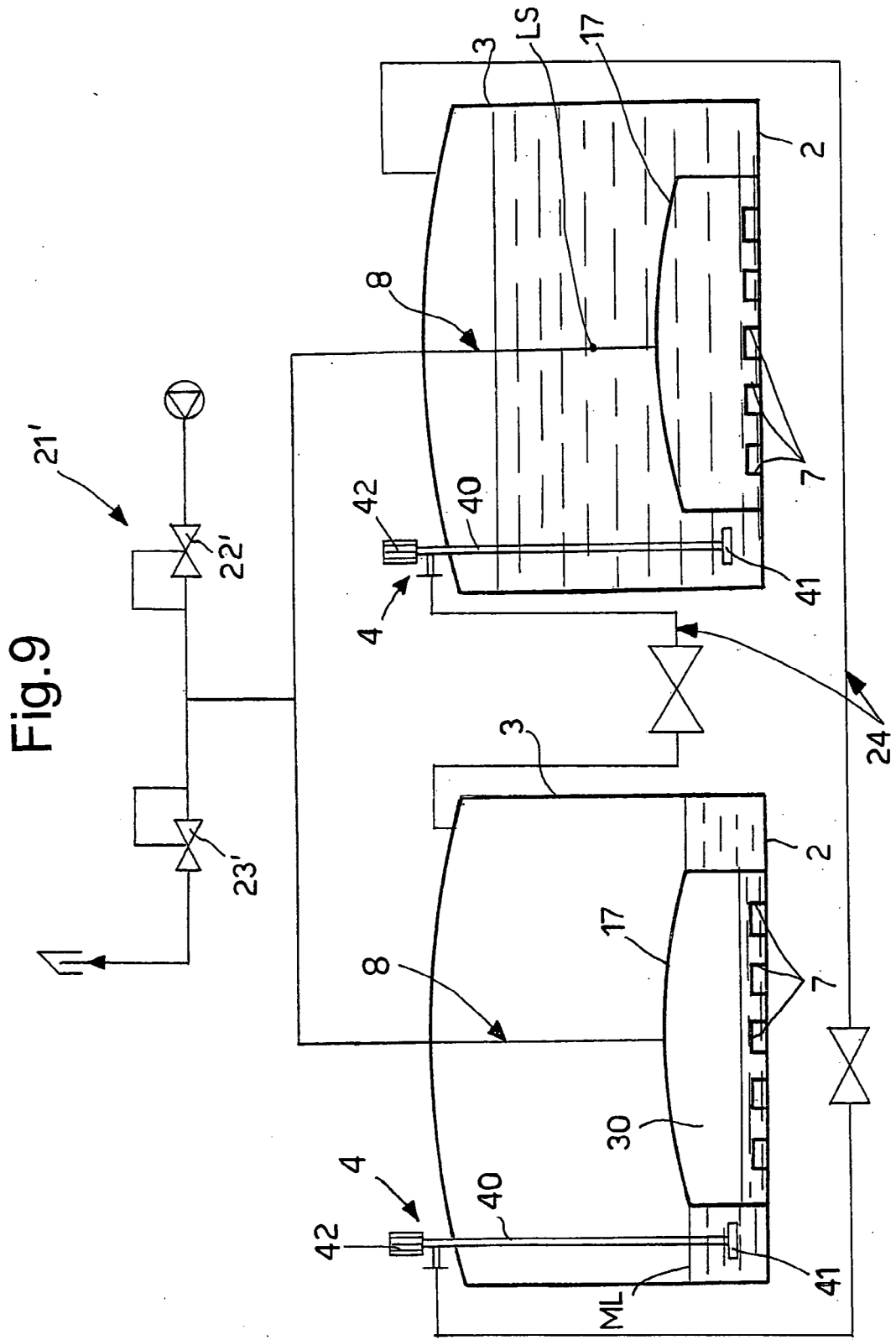


Fig.10

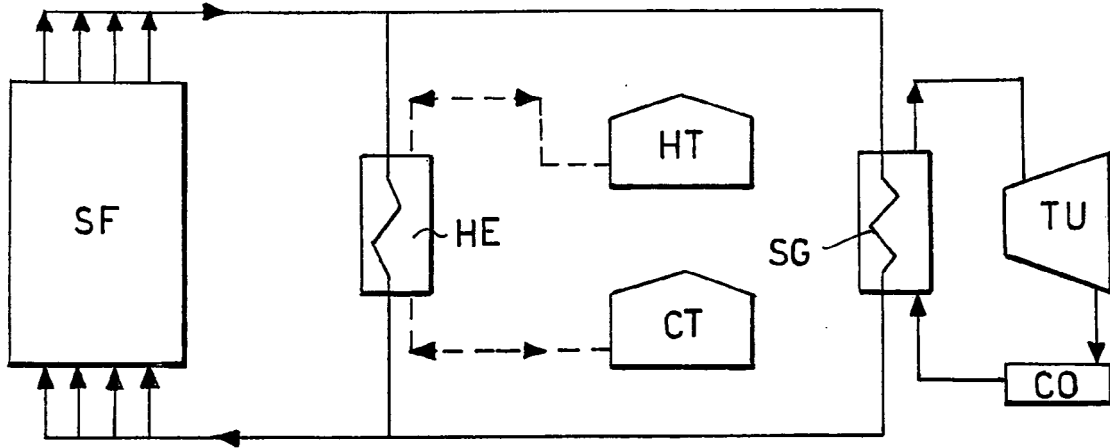


Fig.11

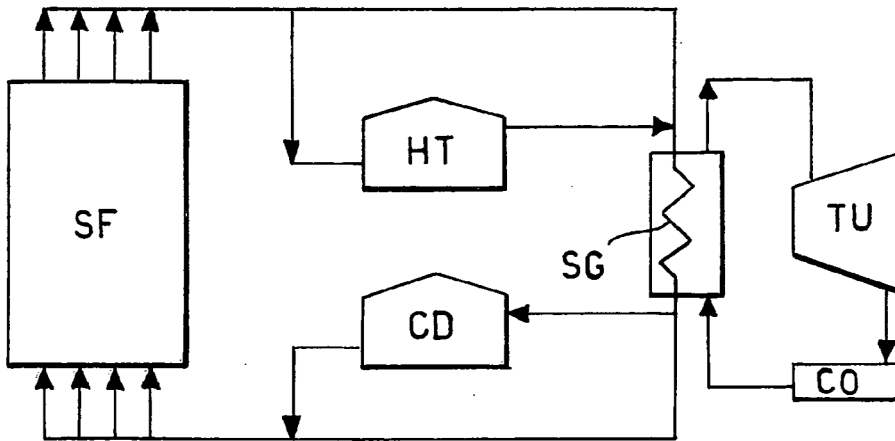


Fig.12

