

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 738**

51 Int. Cl.:

F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2016 PCT/FR2016/051452**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2016 WO16203153**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2016 E 16739222 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3311091**

54 Título: **Depósito de almacenamiento térmico**

30 Prioridad:

16.06.2015 FR 1555509

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

28.10.2019

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MOLINA, SOPHIE;
BRUCH, ARNAUD;
COUTURIER, RAPHAËL;
GILLIA, OLIVIER y
HUILLE, ARTHUR**

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 728 738 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 de almacenamiento térmico

5 La presente invención tiene que ver con un depósito de almacenamiento térmico. Más precisamente, la invención se refiere a un depósito de almacenamiento térmico de tipo termoclino dual, conforme al preámbulo de la reivindicación 1. Tal depósito es conocido por ejemplo por el documento US 4,405,010. A título de ejemplo no limitativo, tal depósito se puede utilizar en una central solar, principalmente del tipo de espejos de Fresnel.

10 Un depósito 1 conocido del estado de la técnica, ilustrado en la figura 1 consta de:

- un recinto 10 que comprende una superficie interna que delimita un volumen para el almacenamiento térmico, formando la superficie interna del recinto 10 un cilindro que presenta una altura H y un diámetro D;

- unos estratos 2 de elementos sólidos de un material de almacenamiento, material adaptado para almacenar el calor

15 de un fluido calefactor que circula en el recinto 10, ocupando los estratos 2 el volumen del recinto 10.

Tal depósito 1 del estado de la técnica es de tipo termoclino. La estratificación térmica en el interior del recinto 10 conduce a la presencia:

- 20 - de una zona caliente en una parte superior del recinto 10,
- de una zona fría en una parte inferior del recinto 10,
- de una zona de transición llamada termoclino entre la zona cálida y la zona fría.

El fluido calefactor se introduce por encima del depósito 1, vía entrada E_C , durante una fase de almacenamiento para evitar movimientos de convección natural. El fluido calefactor se inyecta por la parte baja del depósito 1, a través de una entrada E_F , durante una fase de desalmacenamiento, y retirado por encima del depósito 1. El depósito 1 consta de distribuidores primero y segundo 11a y 11b del fluido calefactor dispuestos respectivamente en la parte inferior y en la parte superior del recinto 10. El fluido calefactor se distribuye en el recinto 10 a una velocidad suficientemente débil (del orden de 1 mm/s) para asegurar una transferencia de calor eficaz entre el fluido calefactor y los estratos 2.

30 El principio de este tipo de almacenamiento de calor es el de crear una especie de pistón térmico, es decir un avance de un frente térmico homogéneo transversalmente, para mantener las temperaturas constantes en la zona caliente y en la zona fría durante las fases de almacenamiento y desalmacenaje. Por "transversalmente", se entiende según una dirección perpendicular al eje longitudinal del depósito 1.

35 Más precisamente, tal depósito 1 del estado de la técnica es de tipo termoclino dual. Los elementos sólidos de los estratos 2 forman una matriz sólida. El almacenamiento térmico se asegura a la vez mediante la matriz sólida y mediante el fluido calefactor. La utilización de una matriz sólida y de un fluido calefactor permite reducir significativamente los costes relativamente a un depósito de almacenamiento térmico que solo utiliza un fluido

40 calefactor. Por "estrato", se entiende un conjunto de elementos sólidos que se extienden en un plano perpendicular al eje longitudinal del depósito (es decir un plano horizontal cuando el eje longitudinal del depósito es vertical). Los elementos sólidos de cada estrato 2 están sin orden, mejor o peor, preferencialmente con varias granulometrías. En efecto, el material de almacenamiento de la matriz sólida está "a granel" en el sentido de que está intrínsecamente sin orden, mezclado. Además, la matriz sólida consta clásicamente de varias granulometrías para reducir el espacio libre

45 en el seno de la matriz sólida.

Tal depósito 1 del estado de la técnica no es enteramente satisfactorio en la medida en que la estratificación térmica no es perfectamente uniforme, lo que conduce a una inhomogeneidad del frente térmico. Entonces aparecen caminos térmicos preferenciales en el recinto 10, que se traducen por ejemplo por la presencia de un fluido calefactor caliente

50 en las porciones de la zona fría del depósito 1 en fase de almacenamiento, limitando por esa vía el buen funcionamiento del depósito 1.

Además, tal depósito 1 del estado de la técnica está sometido al problema del efecto de disparador térmico ("thermal ratcheting effect" en lengua inglesa). En el curso de las diferentes fases de almacenamiento, el material del recinto 10 se dilata de forma diferente de la matriz sólida y libera un espacio entre la matriz sólida y la superficie interna del

55 recinto 10. Este espacio se llena enseguida de elementos sólidos de la matriz sólida, disminuyendo esta así de altura. En el curso de las diferentes fases de desalmacenaje, el material del recinto 10 se retracta y se ve presionado por los elementos sólidos de la matriz sólida que han llenado el espacio. El primer distribuidor 11a dispuesto en la parte inferior del recinto 10, y ahogado en la matriz sólida, se somete igualmente a importantes presiones. Es conocido del estado

60 de la técnica el concebir un cilindro que verifique $H/D < 1$ para reducir el efecto de pistón térmico. Sin embargo, este

tipo de geometría vuelve más delicada la obtención de una distribución homogénea del fluido calefactor que sigue una dirección transversal (es decir horizontal cuando el eje longitudinal del depósito 1 es vertical).

5 Para paliar el problema de inhomogeneidad del frente térmico, es conocido del estado de la técnica, principalmente del documento US 4,405,010, interponer al menos un apilamiento de elementos sólidos de un material térmicamente conductor entre dos estratos 80 de elementos sólidos sucesivos, como se ilustra en la figura 2. Cada apilamiento de elementos sólidos consta de una primera pila de matrices 78 de metal (o cordierita o mulita), cf. figura 2, y col.9, l. 24-35. Cada apilamiento tiene como objetivo el limitar fuertemente el gradiente térmico transversal en el seno del recinto 10, utilizando la conductividad térmica elevada de las matrices 78 para mejorar la homogeneidad del frente térmico.

10 Sin embargo, tal depósito del estado de la técnica no es completamente satisfactorio en la medida en que las matrices 78 de metal son susceptibles de interferir con los estratos 80 de elementos sólidos a medida de los ciclos de almacenamiento/desalmacenaje. Pueden aparecer entonces los caminos térmicos preferenciales en el recinto 10, con la consecuencia de una inhomogeneidad del frente térmico que limite el rendimiento del depósito.

15 Así, la presente invención pretende remediar en todo o en parte los inconvenientes ya citados, y se refiere a este efecto a un depósito de almacenamiento térmico que consta de:

- un recinto que comprende una superficie interna que delimita un volumen para el almacenamiento térmico;
20 estratos de elementos sólidos de un material de almacenamiento, estando el material adaptado para almacenar el calor de un fluido calefactor que circula en el recinto, ocupando los estratos el volumen del recinto;
- al menos un apilamiento de elementos sólidos de un material térmicamente conductor, estando interpuesto el apilamiento entre dos estratos sucesivos;

25 siendo el depósito reseñable porque consta de medios de separación configurados para separar los elementos sólidos de los estratos y los elementos sólidos del apilamiento, y porque los medios de separación están configurados para autorizar una circulación del fluido calefactor a través del apilamiento.

30 Por "estrato", se entiende un conjunto de elementos sólidos que se extienden en un plano perpendicular al eje longitudinal del depósito (es decir un plano horizontal cuando el eje longitudinal del depósito es vertical). Los elementos sólidos de cada estrato 2 están sin orden, mezclados, preferencialmente con varias granulometrías. Los elementos sólidos de los estratos 2 forman una matriz sólida. El material de almacenamiento de la matriz sólida está "a granel" en el sentido de que está sin orden, mezclado. La matriz sólida consta ventajosamente de varias granulometrías para reducir el espacio libre en el seno de la matriz sólida.

35 Así, tal depósito según la invención permite que se libere una mezcla entre los elementos sólidos de los estratos y los elementos sólidos del apilamiento gracias a los medios de separación. En el estado de la técnica, existe una segregación natural en medio granular regido por el efecto "Nuez del Brasil". Este efecto conduce a los elementos sólidos del apilamiento, de menor tamaño, a aplastarse bajo los elementos sólidos de los estratos, de mayor tamaño,
40 a medida de los ciclos de almacenamiento/desalmacenaje. Por tanto, aparecen los caminos térmicos preferenciales en el recinto, con la consecuencia de una inhomogeneidad del frente térmico que limita el rendimiento del depósito.

En otros términos, los medios de separación de la invención permiten evitar esta segregación natural de los elementos sólidos de los estratos y del apilamiento, y por esa vía conservar una buena homogeneidad del frente térmico a medida
45 de los ciclos de almacenamiento/desalmacenaje. Los medios de separación de la invención son herméticos en el sentido en que prohíben un paso o penetración de los elementos sólidos de los estratos y de los elementos sólidos del apilamiento.

El material de almacenamiento es distinto del material térmicamente conductor.

50 Por "térmicamente conductor", se entiende que el material presenta una conductividad térmica a 20 °C superior o igual a 14 W.m⁻¹.K⁻¹.

En un modo de realización, los medios de separación constan de:

55 - un reborde que se extiende sobre un perímetro de la superficie interna del recinto;
- un órgano de revestimiento dispuesto para revestir el reborde contra la superficie interna del recinto.

Así, tales medios de separación se mantienen en posición en la superficie interna del recinto por revestimiento, sin
60 necesitar fijación. Una fijación de los medios de separación en la superficie interna del recinto sería técnicamente

compleja, en particular para los depósitos de gran tamaño. Además, las zonas de fijación estarían sometidas a presiones mecánicas tanto más fuertes cuanto más elevada sea la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica del material de almacenamiento y del material del recinto.

5 Según una forma de ejecución, el órgano de revestimiento consta de un resorte montado comprimido contra el reborde.

En un modo de realización, el apilamiento se interpone entre dos estratos sucesivos de manera que delimita los estratos superiores y los estratos inferiores de una parte y otra del apilamiento; y los medios de separación constan de:

10

- una rejilla superior interpuesta entre los estratos superiores y el apilamiento, y
- una rejilla inferior interpuesta entre el apilamiento y los estratos inferiores.

15 Según una forma de ejecución, la rejilla superior consta de mallas adaptadas para la retención de los elementos sólidos del apilamiento; las mallas de la reja superior y de la reja inferior están adaptadas para autorizar la circulación del fluido calefactor a través del apilamiento.

20 En un modo de realización, el recinto es de un material que presenta un coeficiente de dilatación térmica α_1 ; el material de almacenamiento presenta un coeficiente de dilatación térmica α_2 que verifica $\alpha_2 < \alpha_1$; el material térmicamente conductor presenta un coeficiente de dilatación térmica α_3 , habiéndose elegido el material térmicamente conductor de manera que $\alpha_2 < \alpha_1 \leq \alpha_3$.

25 Así, por elección consciente del material térmicamente conductor, cada apilamiento forma zonas de relajación de las presiones mecánicas de la superficie interna del recinto durante las fases de almacenamiento/desalmacenaje. La relajación de las presiones mecánicas es tanto más importante cuanto la diferencia ($\alpha_3 - \alpha_1$) es débil. Las zonas de relajación de las presiones mecánicas están situadas a la altura de las partes laterales de cada apilamiento en contacto con la superficie interna del recinto. El efecto de pistón térmico se reduce en estas zonas de relajación de las presiones.

30 Además, cuando los medios de separación constan de un reborde que se extiende sobre un perímetro de la superficie interna del recinto, la altura del reborde permite compensar en parte el efecto de la diferencia de coeficientes de dilatación térmica ($\alpha_3 - \alpha_1$). En el transcurso de las diferentes fases de almacenamiento, el material del recinto se dilata y libera un espacio entre la matriz sólida y la superficie interna del recinto. Este espacio está cerrado por el reborde de los medios de separación que impide a los elementos sólidos de los estratos penetrar en este espacio. Para esto, se dimensiona el reborde teniendo en cuenta la dimensión de la pared del recinto que delimita la superficie interna.

35 Por ejemplo, para un depósito cilíndrico de sección circular, la altura del reborde debe ser superior a la variación máxima de la sección del depósito por dilatación térmica. Se aconseja un factor de seguridad de 1,5 a la altura del reborde. En el transcurso de las diferentes fases de desalmacenaje, el material del recinto se retracta y ya no es presionado por los elementos sólidos de los estratos.

40 La elección del material térmicamente conductor es crítica. En el transcurso de las diferentes fases de almacenamiento, el material del recinto se dilata diferentemente de la matriz sólida ($\alpha_2 < \alpha_1$) y libera un espacio entre la matriz sólida y la superficie interna del recinto. Si la relación siguiente $\alpha_2 < \alpha_3 < \alpha_1$ se verifica, o si la relación siguiente $\alpha_2 < \alpha_3 < \alpha_1$ se verifica, entonces el reborde de los medios de separación no basta por sí mismo para retener el material de almacenamiento de la matriz sólida.

45

En un modo de realización, el recinto consta de una parte inferior y una parte superior; el depósito consta de:

- primer y segundo distribuidor del fluido calefactor dispuestos respectivamente en la parte inferior y en la parte superior del recinto;

50 - apilamientos adicionales de elementos sólidos del material térmicamente conductor, estando los apilamientos adicionales dispuestos para envolver el primer y segundo distribuidor.

55 Así, tales apilamientos adicionales permiten evitar que los primeros y segundos distribuidores no se sometan a importantes presiones mecánicas en el curso de las fases de almacenamiento/desalmacenaje. De ello resulta un aumento de la duración de vida de los distribuidores.

Según una forma de ejecución, los elementos sólidos de cada apilamiento constan de bolas, que presentan de preferencia un diámetro comprendido entre 5 mm y 50 mm.

60 Ventajosamente, cada apilamiento presenta una porosidad comprendida entre el 30 % y el 50 %.

La homogeneidad del frente térmico depende principalmente de la porosidad del apilamiento, de la conductividad térmica del material térmicamente conductor y de la velocidad de circulación del fluido calefactor en el recinto. Una porosidad comprendida entre 30 % y 50 % que deja un volumen de poros suficiente para ser ocupado por el fluido calefactor. Una porosidad más grande exigiría un exceso de fluido calefactor con un coste elevado asociado.

5 La homogeneidad de temperatura se obtiene por una remezcla del fluido calefactor en los poros, y por conducción térmica. Los elementos sólidos de cada apilamiento constan ventajosamente de una sola granulometría para mejorar la homogeneidad de temperatura por remezcla y conducción térmica. El orden de magnitud de la velocidad de circulación del fluido calefactor en el recinto es de preferencia 1mm/s.

10 Según una forma de ejecución, el material térmicamente conductor es un material metálico, de preferencia un acero.

Así, tal material térmicamente conductor conviene particularmente cuando la pared del recinto, que delimita la superficie interna del recinto, es de un material de tipo acero, y ello con el fin de reducir $(\alpha_3 - \alpha_1)$ lo máximo posible.

15 Según una forma de ejecución, los elementos sólidos de los estratos constan de rocas y de preferencia de arena, siendo las rocas de preferencia aluvial.

Las rocas son preferentemente ricas en silicio, preferencialmente de tipo cuarcita.

20 Los elementos sólidos de los estratos constan ventajosamente de una doble granulometría para reducir el espacio libre en el seno de la matriz sólida, y por ello la proporción del fluido calefactor en el depósito.

Según una forma de ejecución, el fluido calefactor es un líquido o un gas, siendo el líquido de preferencia un aceite y siendo el gas de preferencia el aire.

25 Según una forma de ejecución, la superficie interna del recinto forma un cilindro que presenta una altura y un diámetro

D; el cilindro verifica de preferencia más $1 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5$; preferencialmente $1,5 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5$; y todavía más preferencialmente $2 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5$.

30 Así, tales formas del recinto facilitan una distribución homogénea del fluido calefactor según una dirección transversal. Tales formas se obtienen ventajosamente con un material térmicamente conductor verificando $\alpha_2 < \alpha_1 \leq \alpha_3$ de manera que se evite el efecto de pistón térmico.

Ventajosamente, cada apilamiento presenta una altura h que verifica $0,05 \leq \frac{h}{D} \leq 0,15$.

35 Así, la altura h de cada apilamiento se elige suficientemente elevada de manera que se obtenga una relajación satisfactoria de las presiones mecánicas de la superficie interna del recinto, cuando el material térmicamente conductor verifica $\alpha_2 < \alpha_1 \leq \alpha_3$, y de manera que se obtenga una homogeneidad satisfactoria del frente térmico. La altura h de cada apilamiento se elige lo suficientemente débil para que no se sobrecargue el depósito y por razones de coste.

40 Si consideramos un primer apilamiento que presenta una altura h_1 y un segundo apilamiento que presenta una altura h_2 , el primer apilamiento que extendiéndose según una parte central del depósito y el segundo apilamiento extendiéndose según una parte periférica del depósito (es decir una parte inferior o superior), la altura h_1 está elegida ventajosamente de manera que $h_1 > h_2$ para reducir más eficazmente el efecto de pistón térmico. Los segundos apilamientos en parte periférica permiten una homogeneización transversal en salida del almacenamiento, lo que

45 permite asentar la evolución de la temperatura de salida del almacenamiento. Una temperatura de salida estable es más favorable de cara al rendimiento en salida de almacenamiento.

En un modo de realización, el o cada apilamiento se interpone entre dos estratos sucesivos de manera que delimite los estratos superiores y los estratos inferiores de una parte y otra del apilamiento correspondiente; el o los apilamientos están repartidos en el recinto de manera que los estratos superiores y los estratos inferiores delimitados por el o los apilamientos ocupan volúmenes iguales en el recinto con una tolerancia del 15 %.

Otras características y ventajas aparecerán en la descripción que va a seguir de los diferentes modos de realización de la invención, dados a título de ejemplos no limitativos, en referencia a los dibujos anexos en los que:

55 - la figura 1 (ya comentada) es una vista esquemática en perspectiva de un depósito del estado de la técnica,

- la figura 2 (ya comentada) es una vista esquemática en corte de un depósito del estado de la técnica,
- la figura 3 es una vista esquemática en corte de un depósito según la invención,
- la figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de un depósito según la invención,
- la figura 5 es una vista esquemática en perspectiva que ilustra un apilamiento adicional que envuelve un distribuidor de fluido calefactor,
- la figura 6 es una vista esquemática desde arriba que ilustra un apilamiento adicional que envuelve un distribuidor de fluido calefactor,
- la figura 7 es una vista esquemática en corte de un depósito según la invención,
- la figura 8 es una vista esquemática parcial en corte de un depósito según la invención,
- 10 - la figura 9 es una vista esquemática desde arriba de los elementos sólidos de los estratos.

Para los diferentes modos de realización, las mismas referencias se utilizarán para elementos idénticos o que aseguren la misma función, por cuestión de simplificación de la descripción. Las características técnicas descritas en adelante para diferentes modos de realización se consideran aisladamente o según cualquier combinación técnicamente posible.

El depósito ilustrado en las figuras 3 a 8 es un depósito 1 de almacenamiento térmico, que consta de:

- un recinto 10 que comprende una superficie interna 100 que delimita un volumen para el almacenamiento térmico;
- 20 - los estratos 2 de elementos sólidos de un material de almacenamiento, estando adaptado el material de almacenamiento para almacenar el calor de un fluido calefactor que circula en el recinto 10, ocupando los estratos 2 el volumen del recinto;
- al menos un apilamiento 3 de elementos sólidos de un material térmicamente conductor, estando interpuesto el apilamiento 3 entre 2 estratos sucesivos.

25 El depósito 1 consta de los medios de separación configurados para separar los elementos sólidos de los estratos 2 y los sólidos del apilamiento 3. Los medios de separación están configurados para autorizar una circulación del fluido calefactor a través del apilamiento 3.

30 La superficie interna 100 del recinto 10 forma ventajosamente un cilindro que presenta una altura H y un diámetro D.

A título de ejemplo, D es superior a 10 m, de preferencia superior a 15 m. El cilindro verifica de preferencia $1 \leq \frac{H}{D} \leq$

2,5; más preferencialmente $1,5 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5$; más preferencialmente todavía $2 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5$. El recinto 10 es

de un material que presenta un coeficiente de dilatación térmica α_1 . El material del recinto 10 es ventajosamente un acero, de preferencia inoxidable. El acero presenta un coeficiente de dilatación térmico α_1 a 20 °C comprendido entre 35 $10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $20 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. El recinto 10 consta de una parte inferior 10a y una parte superior 10b.

El depósito 1 consta ventajosamente de los distribuidores primero y segundo 11a, 11b del fluido calefactor dispuestos respectivamente en la parte inferior 10a y en la parte superior 10b del recinto 10. El primer distribuidor 11a consta de una entrada E_F del fluido calefactor. El segundo distribuidor 11b consta de una entrada E_C del fluido calefactor. El fluido calefactor se introduce por encima del depósito 1, a través de la entrada E_C , durante una fase de almacenamiento con el fin de evitar los movimientos de convección natural. A título de ejemplo, la temperatura del fluido calefactor introducido a través de la entrada E_C es del orden de 250° C. El fluido calefactor se introduce por la parte inferior del depósito 1, a través de la entrada E_F , durante una fase de desalmacenaje. A título de ejemplo, la temperatura del fluido calefactor introducido por la entrada E_F es del orden de 100 °C. El fluido calefactor se distribuye en el recinto 10 por los primeros y segundos distribuidores 11a, 11b a una velocidad en el recinto 10 suficientemente débil (del orden de 45 1 mm/s) para asegurar una transferencia de calor eficaz entre el fluido calefactor y los estratos 2.

El material de almacenamiento presenta un coeficiente de dilatación térmica α_2 . El material de almacenamiento es inerte relativamente al fluido calefactor. Como se ilustra en la figura 9, los elementos sólidos de los estratos 2 constan ventajosamente de rocas y preferentemente de arena, siendo las rocas de preferencia aluviales, preferencialmente ricos en silicio, preferencialmente de tipo cuarcita. Las rocas presentan un coeficiente de dilatación térmica α_2 a 20 °C comprendido entre $2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. El fluido calefactor es un líquido o un gas. El líquido calefactor es de preferencia un aceite tal que un aceite sintético. El líquido calefactor puede ser igualmente sal fundida. El gas calefactor es de preferencia el aire. El material de almacenamiento se elige ventajosamente según:

- 55 - su capacidad de almacenamiento térmico p Cp, donde p es la densidad absoluta, y Cp el calor específico,
- su conductividad térmica,

- su compatibilidad con el fluido calefactor,
- su temperatura máxima de utilización,
- su precio.

5 Los elementos sólidos de los estratos 2 forman una matriz sólida. El almacenamiento térmico se asegura a la vez mediante la matriz sólida y el fluido calefactor. La utilización de una matriz sólida y de un fluido calefactor permite reducir significativamente los costes relativamente a un depósito de almacenamiento térmico que solo utilice un fluido calefactor. El material de almacenamiento de los elementos sólidos de los estratos 2 está "a granel" en el sentido en que está intrínsecamente sin orden, mezclado. Además, la matriz sólida consta clásicamente de varias granulometrías (por ejemplo, algunos cm y algunos mm de diámetro medio) para reducir el espacio libre para el fluido calefactor en el seno de la matriz sólida. A título de ejemplo, cada estrato 2 presenta una porosidad comprendida entre 25 % y 30 %, de preferencia 27 %.

15 El material térmicamente conductor presenta un coeficiente de dilatación térmica α_3 . El material térmicamente conductor es inerte con relación al fluido calefactor. El material térmicamente conductor está ventajosamente elegido de manera que $\alpha_2 < \alpha_1 \leq \alpha_3$. Cada apilamiento 3 contribuye a una relajación de las presiones mecánicas sufridas por la superficie interna 100 del recinto 10. El material térmicamente conductor está ventajosamente elegido de manera que su capacidad de almacenamiento térmico es superior o igual a la capacidad de almacenamiento térmico del material de almacenamiento de la matriz sólida.

20 El material térmicamente conductor es ventajosamente un material metálico, de preferencia un acero, de manera que la diferencia ($\alpha_3 - \alpha_1$) es la más débil posible. Cada apilamiento 3 presenta una altura h que verifica $0,05 \leq \frac{h}{D} \leq 0,15$. Los elementos sólidos de cada apilamiento 3 incluyen ventajosamente bolas, que presentan de preferencia un diámetro comprendido entre 5 mm y 50 mm Las bolas pueden proceder de rodamientos de bolas desechados. Las 25 bolas pueden ser granalla. Cada apilamiento 3 presenta ventajosamente una porosidad comprendida entre 30 % y 50 %. Si se considera un primer apilamiento 3 que presenta una altura h_1 y un segundo apilamiento 3' que presenta una altura h_2 , el primer apilamiento 3 extendiéndose según una parte central del depósito 1, el segundo apilamiento 3' extendiéndose según una parte periférica del depósito 1 (es decir una parte inferior o superior), la altura h_1 está ventajosamente elegida de manera que $h_1 > h_2$ para reducir lo más eficazmente posible el efecto de pistón térmico, como se ilustra en la figura 8. Por otra parte, tal configuración geométrica del primer y segundo apilamiento 3, 3' es 30 igualmente ventajosa desde un punto de vista térmico para mejorar la homogeneización desde el frente térmico a las partes periféricas del depósito 1.

35 El depósito 1 consta ventajosamente de los apilamientos adicionales 3a, 3b de elementos sólidos del material térmicamente conductor, estando dispuestos los apilamientos adicionales 3a, 3b para envolver respectivamente los primeros y segundos distribuidores 11a, 11b.

40 Como se ilustra en la figura 7, cada apilamiento 3 se interpone entre dos estratos 2 sucesivos de manera que se delimiten los estratos superiores 2 y los estratos inferiores 2 de una parte y otra del apilamiento 3 correspondiente. Los apilamientos 3 están ventajosamente repartidos en el recinto 10 de manera que los estratos 2 superiores y los estratos 2 inferiores delimitados por los apilamientos 3 ocupan volúmenes iguales en el recinto con una tolerancia del 15 %.

Los medios de separación constan ventajosamente de:

- 45 - un reborde 4 que se extiende sobre un perímetro de la superficie interna 100 del recinto 10;
 - un órgano de revestimiento 5 dispuesto para revestir el reborde 4 contra la superficie interna 100 del recinto 10.

El órgano de revestimiento 5 consta ventajosamente de un resorte montado comprimido contra el reborde 4. El resorte es ventajosamente de un material metálico. El resorte presenta ventajosamente una forma tórica.

50 Los medios de separación constan ventajosamente de:

- una reja superior 6b interpuesta entre los estratos 2 superiores y el apilamiento 3 correspondiente, y
 - una reja inferior 6a interpuesta entre el apilamiento 3 correspondiente y los estratos inferiores 2.

55 La reja superior 6 consta de mallas adaptadas para la retención de los elementos sólidos de los estratos superiores 2. La reja inferior 6a consta de mallas adaptadas para la retención de los elementos sólidos del apilamiento correspondiente. Las mallas de la reja superior 6b y de la reja inferior 6a están adaptadas para permitir la circulación del fluido calefactor a través del apilamiento 3 correspondiente.

Como se ilustra en la figura 7, el depósito 1 consta de rejas adicionales 6' interpuestas entre los estratos 2 y los apilamientos adicionales 3a, 3b.

- 5 El reborde 4 se extiende en la prolongación de cada reja 6a, 6b, 6'. Cada reja 6a, 6b, 6' presenta una sección horizontal circular con un diámetro superior a D de manera que el reborde 4 correspondiente consta de una superficie de apoyo contra la superficie interna 100 del recinto 10. Cada reja 6a, 6b, 6' es ventajosamente un acero, de preferencia inoxidable.

REIVINDICACIONES

1. Depósito (1) de almacenamiento térmico, que consta de:
- 5 - un recinto (10) que comprende una superficie interna (100) que delimita un volumen para el almacenamiento térmico;
- unos estratos (2) de elementos sólidos de un material de almacenamiento, estando el material de almacenamiento adaptado para almacenar el calor de un fluido calefactor que circula en el recinto (10), ocupando los estratos (2) el volumen del recinto (10);
- 10 - al menos un apilamiento (3) de elementos sólidos de un material térmicamente conductor, estando interpuesto el apilamiento (3) entre dos estratos (2) sucesivos; el depósito (1) que está **caracterizado porque** consta de medios de separación configurados para separar los elementos sólidos de los estratos (2) y los elementos sólidos del apilamiento (3), **y porque** los medios de separación están configurados para autorizar una circulación del fluido calefactor a través del apilamiento (3).
- 15 2. Depósito (1) según la reivindicación 1, en el que los medios de separación constan de:
- un reborde (4) que se extiende sobre un perímetro de la superficie interna (100) del recinto (10);
- un órgano de revestimiento (5) dispuesto para revestir el reborde (4) contra la superficie interna (100) del
- 20 recinto (10).
3. Depósito (1) según la reivindicación 2, en el que el órgano de revestimiento (5) consta de un resorte montado comprimido contra el reborde (4).
- 25 4. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el apilamiento (3) se interpone entre dos estratos (2) sucesivos de manera que delimite los estratos (2) superiores y los estratos (2) inferiores de una parte y de otra del apilamiento (3); y los medios de separación constan de:
- una reja superior (6b) interpuesta entre los estratos (2) superiores y el apilamiento (3), y
- 30 - una reja inferior (6a) interpuesta entre el apilamiento (3) y los estratos (2) inferiores.
5. Depósito (1) según la reivindicación 4, en el que la reja superior (6b) consta de mallas adaptadas para la retención de los elementos sólidos de los estratos (2) superiores; la reja inferior (6a) consta de mallas adaptadas para la retención de los elementos sólidos del apilamiento (3); estando las mallas de la reja superior (6b) y de la reja
- 35 inferior (6a) adaptadas para permitir la circulación del fluido calefactor a través de apilamiento (3).
6. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el recinto (10) es de un material que presenta un coeficiente de dilatación térmica α_1 ; el material de almacenamiento presenta un coeficiente de dilatación térmica α_2 que verifica $\alpha_2 < \alpha_1$; el material térmicamente conductor presenta un coeficiente de dilatación térmica α_3 , siendo el material térmicamente conductor elegido de manera que $\alpha_2 < \alpha_1 \leq \alpha_3$.
- 40 7. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el recinto (10) consta de una parte inferior (10a) y una parte superior (10b); el depósito (1) consta de:
- 45 - los primeros y segundos distribuidores (11a, 11b) del fluido calefactor dispuestos respectivamente en la parte inferior (10a) y en la parte superior (10b) del recinto (10);
- los apilamientos adicionales (3a, 3b) de elementos sólidos del material térmicamente conductor, estando los apilamientos adicionales (3a, 3b) dispuestos para envolver los primeros y segundos distribuidores (11a, 11b).
- 50 8. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los elementos sólidos de cada apilamiento (3) constan de bolas, que presentan de preferencia un diámetro comprendido entre 5 mm y 50 mm.
9. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que cada apilamiento (3) presenta una porosidad comprendida entre 30 % y 50 %.
- 55 10. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el material térmicamente conductor es un material metálico, de preferencia un acero.
11. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que los elementos sólidos de los estratos
- 60 (2) constan de las rocas y de preferencia de arena, siendo las rocas de preferencia aluviales.

12. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el fluido calefactor es un líquido o un gas, siendo el líquido de preferencia un aceite, siendo el gas de preferencia el aire.

5 13. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la superficie interna (100) del recinto (10) forma un cilindro que presenta una altura H y un diámetro D; el cilindro verifica de preferencia

$$1 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5 ; \text{ más preferencialmente } 1,5 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5 ; \text{ y más preferencialmente aún } 2 \leq \frac{H}{D} \leq 2,5..$$

14. Depósito (1) según la reivindicación 13, en el que cada apilamiento (3) presenta una altura h que

10 verifica $0,05 \leq \frac{h}{D} \leq 0,15$.

15. Depósito (1) según una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el o cada apilamiento (3) se interpone entre dos estratos (2) sucesivos de manera que delimite los estratos (2) superiores y los estratos inferiores (2) de una parte y otra del apilamiento (3) correspondiente; el o los apilamientos (3) se reparten en el recinto (10) de manera que

15 los estratos (2) superiores y los estratos inferiores (2) delimitados por el o los apilamientos (3) ocupan volúmenes iguales en el recinto (10) con una tolerancia del 15 %.

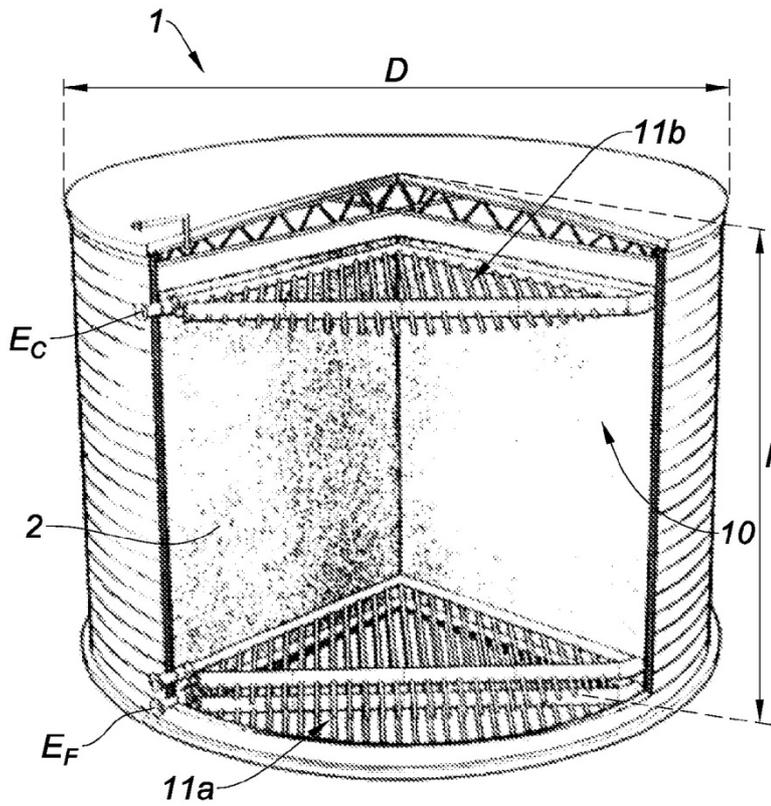


Fig. 1

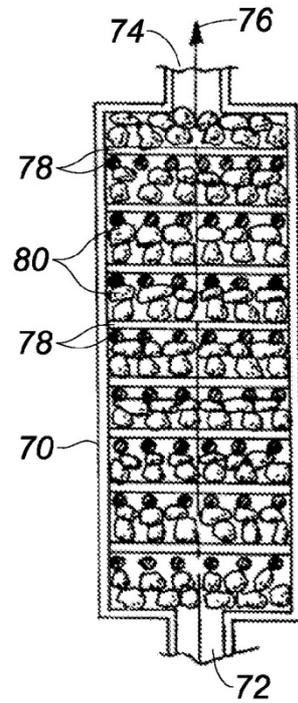


Fig. 2

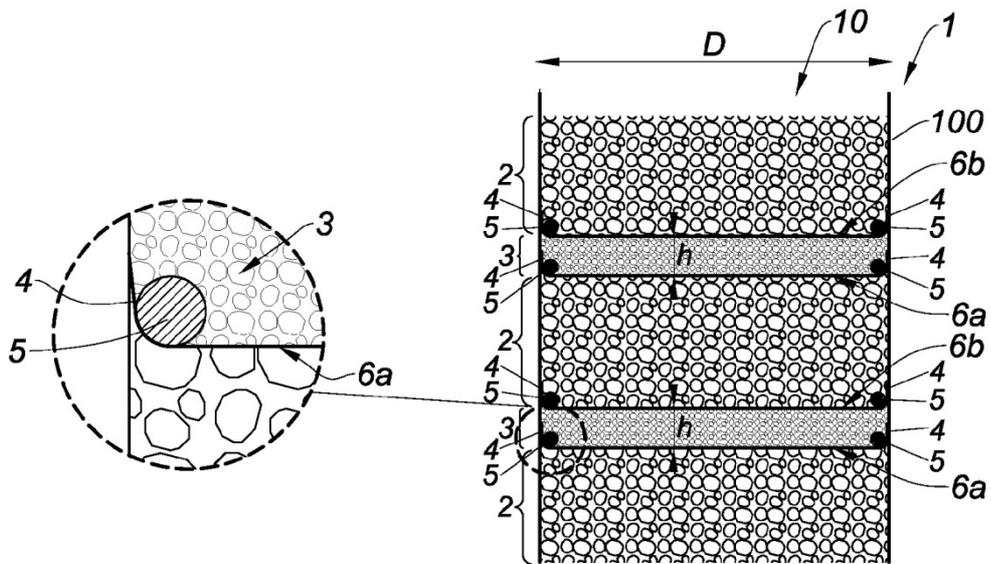


Fig. 3

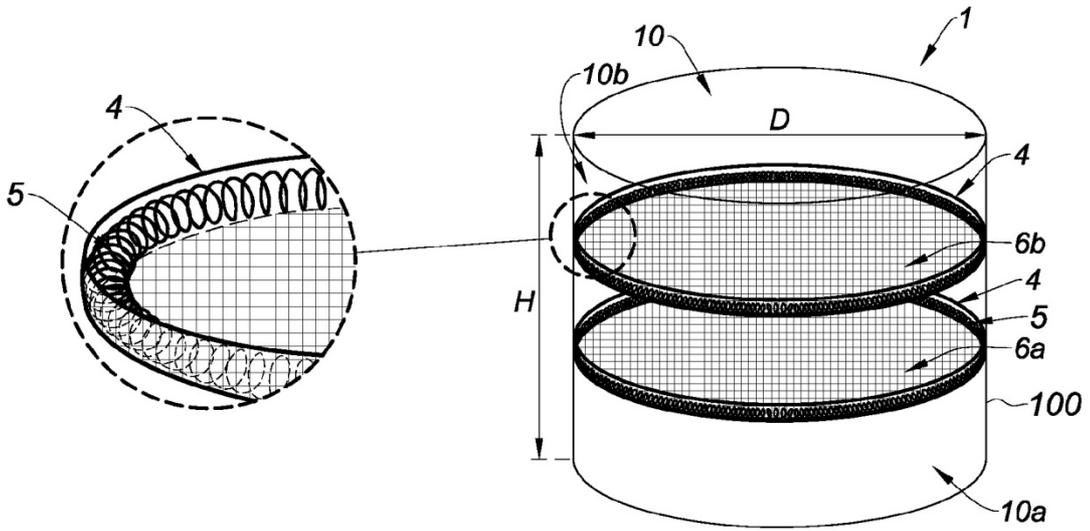


Fig. 4

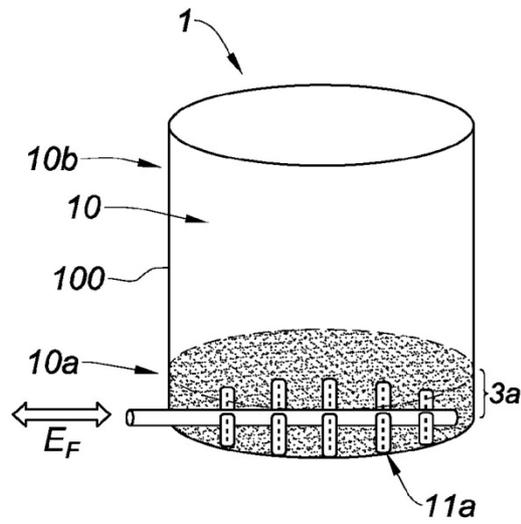


Fig. 5

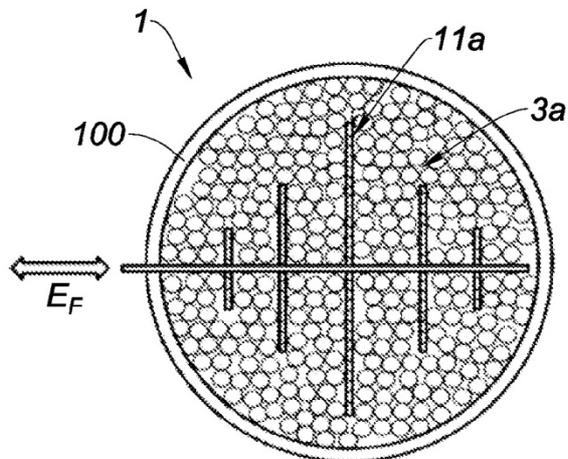


Fig. 6

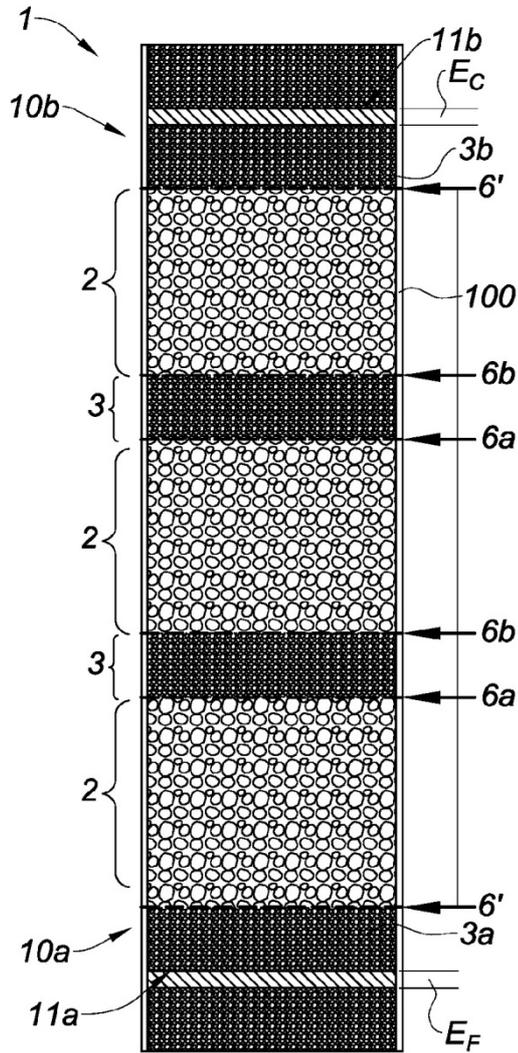


Fig. 7

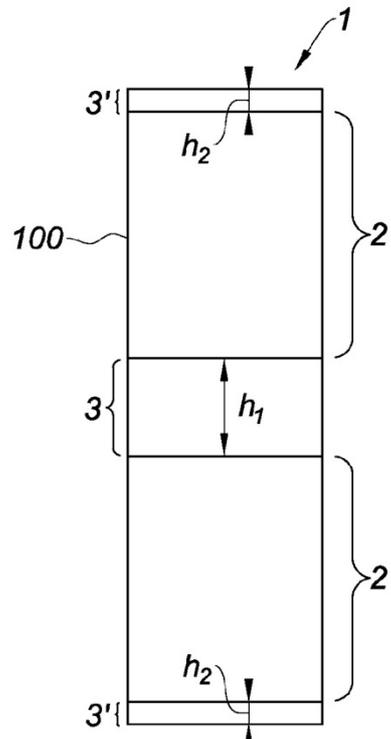


Fig. 8

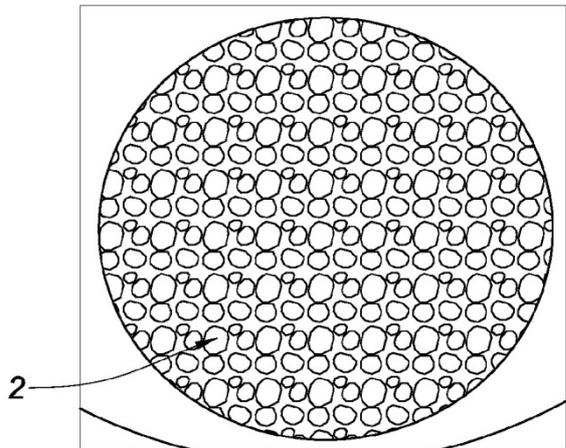


Fig. 9