

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 143**

21 Número de solicitud: 201400461

51 Int. Cl.:

F28D 20/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

10.06.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.01.2016

Fecha de la concesión:

04.11.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

14.11.2016

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070452

73 Titular/es:

**ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES S.A.
(100.0%)**

**Energía solar, Nº 1, Campus Palmas Altas
41014 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**JOVÉ LLOVERA, Aleix;
PRIETO RÍOS, Cristina;
RUBIO ABUJAS, Carlos;
FERRERES RAPOPORT, Sonia y
GIMÉNEZ GAVARRELL, Pablo**

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

54 Título: **Sistema de almacenamiento térmico y su procedimiento de carga y descarga**

57 Resumen:

Sistema de almacenamiento térmico y su procedimiento de carga y descarga.

Sistema de almacenamiento térmico que comprende un contenedor (1) en cuyo interior se dispone a) un conjunto de cápsulas (3) que conforman un lecho poroso y que contienen un material de cambio de fase alta densidad energética consistente en sales inorgánicas y b) una matriz (2) consistente en un material de cambio de fase de naturaleza metálica con elevada conductividad térmica que se sitúa en los intersticios de las cápsulas (3). Con la combinación de estos dos materiales de cambio de fase se consigue una mejora de la conductividad efectiva y una elevada densidad energética en el sistema de almacenamiento de energía. La invención también se refiere al procedimiento de carga y descarga de dicho sistema mediante el empleo de un fluido caloportador que circula por unos tubos de intercambio de calor (4) que atraviesan el contenedor (1).

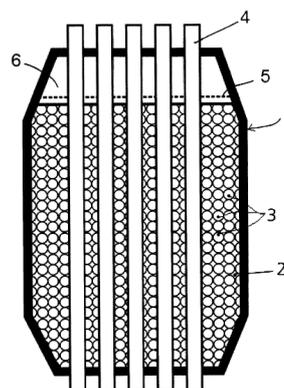


FIG. 1

ES 2 556 143 B1

DESCRIPCIÓN
**SISTEMA DE ALMACENAMIENTO TÉRMICO Y SU PROCEDIMIENTO DE CARGA
Y DESCARGA**

Sector técnico de la invención

5 La presente invención se enmarca en el sector del almacenamiento térmico basado en materiales de cambio de fase (PCM, del inglés *phase change material*). En particular, se refiere a un sistema de almacenamiento de energía térmica apto para ser cargado y descargado con un fluido caloportador.

10 El sistema de almacenamiento térmico propuesto tiene aplicación tanto en centrales termosolares para la producción de vapor, como en procesos de producción donde el almacenamiento de calor puede ser un factor diferenciador interesante desde el punto de vista económico.

Antecedentes de la invención

15 Los materiales de cambio de fase (en adelante, PCM) se presentan como una alternativa muy interesante para un almacenamiento térmico eficiente, de alta densidad energética y sobre todo para aplicaciones a temperatura constante.

Existen infinidad de materiales de cambio de fase y sistemas de intercambio asociados; estos sistemas buscan, entre otras cosas:

- 20 - la mejora de la conductividad térmica del material de cambio de fase, ya que los materiales de cambio de fase más comúnmente utilizados tienen baja conductividad térmica (alrededor de 0.5W/mK);
- la obtención de la máxima densidad energética posible;
- la gestión de la expansión de volumen del material de cambio de fase; los materiales normalmente utilizados expanden en su fusión y contraen en su cristalización/solidificación;
- 25 - la optimización de la transferencia o intercambio térmico entre material de almacenamiento y el medio de transferencia.

Actualmente los materiales utilizados como materiales de cambio de fase son, generalmente, compuestos de sales inorgánicas. Estos materiales presentan una elevada densidad energética a un reducido coste, lo cual hace atractivo su uso para almacenamiento de energía. Sin embargo, este tipo de materiales tiene la desventaja de presentar una baja conductividad, lo que dificulta el diseño de un sistema de almacenamiento.

30

El documento US5687706 divulga un sistema de almacenamiento para baja temperatura (140°C) basado en materiales de cambio de fase. Dicho sistema está com-

35

puesto por un contenedor con una abertura de entrada y una abertura de salida para que circule el fluido caloportador; conectando estas aberturas se encuentra un tubo de transferencia de calor, con forma helicoidal, que rodea un calentador (cómo pueda ser una resistencia eléctrica) situado en el centro del contenedor. En el lado del con-
5 tenedor está situado un lecho de PCM compuesto por pellets poliméricos, separados del calentador central mediante una malla. El lecho está inmerso en un fluido viscoso de naturaleza orgánica (como puede ser el glicol) que comunica térmicamente el tubo intercambiador con el lecho de PCM.

Esta solución incrementa el área de contacto del material de almacenamiento, mejo-
10 rando la transmisión de energía entre el fluido caloportador y el material de almace-
namiento, sin embargo, se tiene una reducción de la densidad energética del material de cambio de fase por formación de un lecho en el que los huecos están llenos de un material de transferencia de energía que no almacena energía, además de tener una zona cercana al calentador que no está siendo aprovechada para el almacenamiento
15 de energía. Esta pérdida de densidad energética conlleva el uso de contenedor de mayor tamaño, lo cual eleva los costes de este tipo de almacenamientos. Además, debido a la naturaleza de estos materiales, el sistema queda limitado a bajas tempe-
raturas.

El documento US4512388 trata sobre un sistema de almacenamiento basado en
20 materiales de cambio de fase compactados en gránulos. La solución propuesta en este documento US4512388 para el aumento de la conductividad efectiva se basa en un contacto directo entre el PCM y el fluido caloportador. El sistema está compuesto por un contenedor con una abertura inferior y una abertura superior. En el interior está situado el lecho de gránulos de PCM, cada uno compuesto por una matriz ce-
25 rámica que contiene el material de cambio de fase en su interior y lo retiene dentro de la matriz por capilaridad. El fluido caloportador circula entre las aberturas del con-
tenedor e intercambia energía directamente con el lecho de PCM.

La problemática asociada a esta solución es que, debido al contacto directo entre el material de almacenamiento y el fluido caloportador, los posibles fluidos de transfe-
30 rencia de energía quedan limitados a aquellos en los que no exista interacción entre ambos medios. Esto excluye casi por completo el uso de agua o vapor como fluido caloportador, limitando la aplicación de este tipo de sistemas de almacenamiento.

Además de los problemas asociados a la compatibilidad de materiales, se tiene un aumento de coste en el almacenamiento cuando se utilizan fluidos caloportadores
35 presurizados. Este aumento de coste es debido principalmente a que, conforme au-

menta la presión de trabajo, aumentan los requisitos termomecánicos en el contenedor.

5 En contraste con los materiales de cambio de fase compuestos por sales inorgánicas, aquellos compuestos por metales o aleaciones sí presentan una elevada conductividad térmica. La solicitud WO2011031894 presenta un sistema de almacenamiento de energía basado en metales fundidos para temperaturas entre 600°C y 1400°C.

10 La dificultad de trabajar con aleaciones metálicas como material de cambio de fase es encontrar un material que tenga una elevada densidad energética con un coste reducido.

15 En la presente invención se propone un sistema de almacenamiento térmico que combina un PCM de alta densidad energética con un PCM que presenta elevada conductividad térmica, consiguiendo de esta manera una mejora de la conductividad efectiva y una elevada densidad energética en el sistema de almacenamiento de energía.

Descripción de la invención

20 La presente invención se refiere a un sistema de almacenamiento térmico y al procedimiento para llevar a cabo el intercambio de calor entre el material de cambio de fase contenido en dicho sistema (PCM) y un fluido caloportador (procedimiento de carga/descarga del sistema).

25 El sistema de almacenamiento térmico comprende un contenedor en cuyo interior se dispone un conjunto de cápsulas que contienen un material de cambio de fase (PCM) consistente en sales inorgánicas; estas cápsulas conforman un lecho poroso (a este lecho se le denominará en adelante lecho PCM). El sistema comprende además una matriz consistente en un material de cambio de fase (PCM) de naturaleza metálica que se sitúa en los intersticios de las cápsulas. (a esta matriz se la denominará en adelante matriz PCM).

30 La matriz PCM sirve tanto para incrementar la conductividad térmica efectiva del conjunto como de material de almacenamiento de energía térmica aprovechando así dos características del material que conforma la matriz PCM de manera simultánea. La matriz ocupa totalmente el espacio intersticial del lecho, teniendo un contacto total con cada cápsula. Según los requerimientos de capacidad térmica y de conductividad térmica se varía la forma de la cápsula, la posición relativa entre las mismas y el número de cápsulas para obtener una porosidad determinada. También se puede
35 variar la porosidad variando el diámetro de algunas de las cápsulas esféricas. Cuanto

mayor es la proporción de Matriz PCM con respecto al conjunto global mayor es el valor de conductividad del sistema.

El material de cambio de fase contenido en las cápsulas ("encapsulado") presenta:

- Alta densidad energética.
- 5 • Bajo coste.
- Bajo coeficiente de expansión en el cambio de fase.

La ventaja que presenta esta invención radica en su capacidad para aumentar la conductividad de un material de cambio de fase como puedan ser sales inorgánicas utilizando como medio de transferencia de calor otro material de cambio de fase con alta conductividad, como es la matriz metálica. Con ello se consigue una mejora de la conductividad efectiva y una elevada densidad energética en el sistema de almacenamiento de energía.

Preferiblemente, la conductividad efectiva del sistema, es decir, para el conjunto formado por la Matriz PCM y el lecho PCM, es mayor de 1W/mK. Más preferiblemente la conductividad efectiva del sistema (Matriz PCM+lecho PCM en conjunto) está entre 10-60 W/mK.

El material metálico que conforma la matriz PCM presenta preferiblemente un punto de fusión igual o similar al del PCM encapsulado (sal inorgánica) con la finalidad de que ambos materiales fundan o se solidifiquen a la vez según se realice el proceso de carga o descarga del sistema. Preferiblemente, la diferencia entre el punto de fusión del material metálico que conforma la matriz PCM y del material PCM encapsulado no es superior a 6°C.

El sistema comprende una serie de tubos de intercambio de calor o transferencia de energía dispuestos para hacer circular un fluido caloportador. Preferiblemente, estos tubos se sitúan verticales y paralelos entre sí atravesando el contenedor, de forma que tanto el lecho PCM como la matriz PCM quedan rodeando a los tubos y en contacto con ellos.

Luego, el conjunto de tubos de intercambio de calor atraviesa el contenedor creando un espacio interior entre contenedor y tubos donde se sitúa el lecho PCM. La matriz PCM se situará en el espacio intersticial entre las cápsulas que conforman el lecho PCM, dejando un espacio libre en la parte superior del contenedor para la gestión de expansión de volumen debido al cambio de fase de la matriz PCM durante el proceso de carga del sistema. Dicho espacio libre está llenado con un gas inerte que evita la degradación del material de almacenamiento, estando dicho gas a una presión igual o superior (ligeramente superior) a la presión atmosférica. El contenedor debe estar

cerrado herméticamente para evitar la fuga del gas inerte y la entrada de gases ambientales que puedan dañar o penalizar los materiales implicados en el proceso de almacenamiento de energía, así como para reducir pérdidas térmicas asociadas al proceso de almacenamiento de energía térmica.

5 El sistema de almacenamiento térmico puede comprender, además, una capa de aislamiento exterior. El aislamiento se colocará recubriendo la superficie exterior del contenedor para evitar pérdidas térmicas que reduzcan la eficiencia del almacenamiento por la superficie del contenedor.

10 En el caso de que la densidad de la matriz PCM sea mayor que la densidad del lecho PCM, será necesario fijar la movilidad del lecho con un sistema de anclaje, evitando los desplazamientos por flotabilidad. El sistema de anclaje consiste en una o varias mallas tales que no permitan el paso de las cápsulas, pero sí de la matriz PCM cuando ésta se encuentra en estado líquido. Estas mallas se colocan perpendiculares a los tubos de intercambio de calor y son atravesadas por éstos. La malla o mallas están sujetas mediante soldadura o soportes fijos tanto a las paredes que conforman el contenedor como a los tubos de intercambio de calor.

15 En cuanto a las cápsulas que conforman el lecho PCM, éstas se construyen de forma que:

- 20 • Evitan la dispersión del PCM contenido en ellas, tanto cuando éste se encuentra en fase líquida como en fase sólida. Son, por tanto, impermeables tanto al PCM que se encuentra encapsulado (sales inorgánicas), como al que conforma la matriz PCM (material metálico). La cápsulas comprenden una carcasa, por lo que, para que dichas cápsulas sean impermeables, se utilizan materiales sin fisuras e impermeables en la carcasa. Estos materiales pueden ser boro silicatos, metálicos o cerámicos.
- 25 • Resisten las presiones interiores producidas por el cambio de volumen del PCM contenido en la cápsula en su transición líquido-sólido y sólido-liquido. Esto se logra incluyendo un volumen de gestión de expansión volumétrica entre 2-20% del volumen en el interior de la cápsula donde se encuentra un gas presurizado o una cámara de vacío.
- 30 • Resisten térmicamente las condiciones de temperatura asociadas al proceso de intercambio y almacenamiento de energía. Esto se logra utilizando materiales para la carcasa que sean capaces de resistir las temperaturas de operación entre 290°C y 360°C. La temperatura de operación se puede considerar en torno a 10°C superior o inferior a la temperatura de fusión del PCM.

35

Las temperaturas de fusión de los PCM utilizados en esta invención tienen valores generalmente entre 300°C y 350°C.

- Son estables químicamente ante el material de cambio de fase encapsulado y el material de cambio de fase externo.
- 5
- No penaliza la transferencia de calor entre el lecho PCM y la matriz PCM. Esto se consigue optimizando el espesor de la carcasa entre 0.5 y 3 mm y unos materiales para la misma con conductividad térmica superior a la conductividad térmica del material encapsulado (sal inorgánica).

10 Con estas cápsulas se consigue minimizar el espesor de la pared de la cápsula maximizando así la densidad de energía de almacenamiento. Además, tienen un reducido coste, que aumenta la competitividad del sistema de almacenamiento térmico.

El sistema está diseñado para trabajar en dos estados, líquido y sólido, siendo el estado líquido cuando el sistema está completamente cargado y estado sólido cuando el sistema está descargado.

15 Para realizar la carga y descarga del sistema, se hace pasar un fluido caloportador por los tubos de intercambio de calor que atraviesan el contenedor, de forma que el fluido caloportador cederá o absorberá energía a su paso por dichos tubos, empleando esta energía para a) variar su temperatura, modificando su calor sensible y/o b) cambiar de fase, modificando su calor latente.

20 Durante el proceso de carga, el fluido caloportador es introducido por la parte superior del contenedor a través del conjunto de tubos de intercambio de calor y a una temperatura superior a la temperatura de fusión de los PCM que se encuentran en el contenedor. Durante su paso por la zona de intercambio de calor (por la zona del contenedor que incluye los PCM), el fluido caloportador cede energía a la matriz

25 PCM. Esta matriz empleará la energía recibida en a) aumentar su energía interna mediante un incremento de temperatura y/o un cambio de fase sólida a fase líquida y b) transmitir energía al lecho PCM. La gestión de expansión volumétrica de la matriz PCM se asegura con una carga del sistema por la parte superior del mismo, asegurando así que las primeras zonas en cambiar de fase están en contacto con el espacio de gestión de expansión volumétrica. Se evitan de esta manera posibles confinamientos de material durante el cambio de fase que lleven a sobrepresiones que puedan provocar daños en el sistema.

30

El lecho PCM, que recibe energía de la matriz PCM, almacena energía térmica incrementando su temperatura y/o cambiando de fase sólida a fase líquida. Como se

35 ha comentado anteriormente, cada cápsula está dotada de un volumen vacío tal que

permite la expansión del material contenido en ella. Este volumen vacío es el que evita que se produzcan en el interior presiones que puedan provocar daños o rotura en la cápsula.

5 El sistema se considerará totalmente cargado cuando tanto la matriz PCM como el lecho PCM (concretamente el material de cambio de fase del interior de las cápsulas) se encuentren en estado líquido.

En el proceso de carga, el fluido caloportador condensado es extraído por la parte inferior del contenedor a través de los tubos de transferencia de calor.

10 Durante el proceso de descarga se introduce el fluido caloportador por la parte inferior del contenedor a una temperatura inferior a la temperatura de cambio de fase de los materiales de almacenamiento. Durante su paso por la zona de intercambio (zona del contenedor donde se encuentran los PCM), el fluido caloportador absorbe energía de los PCM.

15 La matriz PCM cede energía hacia los tubos por los que circula el fluido caloportador reduciendo su temperatura y/o cambiando de fase líquida a fase sólida. Durante este mismo proceso la matriz PCM sirve como medio de mejora de la conductividad del lecho PCM.

20 EL lecho PCM cede energía al fluido caloportador a través de la matriz PCM, resultando de ello una disminución de su temperatura y/o un cambio de fase de líquido a sólido del PCM contenido en las cápsulas.

Se considerará que la descarga se ha completado cuando tanto la matriz PCM como el PCM del lecho se encuentren en estado sólido.

En el proceso de descarga, el fluido caloportador en estado vapor es extraído por la parte superior del contenedor a través de los tubos de intercambio de calor.

25 **Descripción de las figuras**

Para completar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de la invención, se acompañan unas figuras donde con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

30 Figura 1: muestra una representación del sistema de almacenamiento térmico de la presente invención.

Figura 2: muestra en detalle dos cápsulas de las que conforman el lecho poroso, cada una de ellas con una forma diferente.

En dicha figura, las diferentes referencias que en ella aparecen tienen los siguientes significados:

35 1.- Contenedor

2.- Matriz PCM

3.- Cápsulas que conforman el lecho PCM

31.- PCM contenido en las cápsulas

32.- Carcasa de las cápsulas

5 33.- Volumen de gestión de expansión volumétrica de las cápsulas

4.- Tubos de intercambio de calor

5.- Malla

6.- Espacio de gestión de expansión volumétrica del contenedor

Descripción detallada de la invención

10 A continuación se muestra una realización preferida de un sistema de almacenamiento de energía basado en el uso de dos materiales de cambio de fase.

En esta realización preferida, el sistema comprende un contenedor (1) fabricado en acero al carbono debidamente sellado y aislado externamente para evitar pérdidas térmicas. En el interior del contenedor se dispone un conjunto de cápsulas (3) que conforman un lecho poroso (denominado lecho PCM). Dichas cápsulas (3) contienen en su interior un PCM (31) consistente en una mezcla de sales inorgánicas. El lecho PCM se sitúa en el interior del contenedor (1) dejando un espacio libre entre el 10-40% del volumen ocupado por el lecho. El espacio intersticial entre cápsulas (3) se encuentra relleno con una matriz de naturaleza metálica (denominada matriz PCM) (2).

20 La matriz PCM (2) está compuesta por una aleación de Zinc (Zn) y Magnesio (Mg) en unas proporciones que varían preferiblemente entre 55 - 50% y 45-50% en peso respectivamente. El PCM (31) que se encuentra en el interior de las cápsulas (3) está compuesto por cloruro de litio (LiCl), cloruro de potasio (KCl), carbonato de litio (LiCO₃) y fluoruro de litio (LiF) en las siguientes proporciones de % másico:

- Carbonato de litio: entre 3,2-3,4
- Cloruro de potasio: entre 46,8-48,0
- Fluoruro de litio: entre 2,1-2,4
- Cloruro de litio: Resto

30 La conductividad efectiva del sistema en su conjunto (matriz PCM+Lecho PCM) está entre 30 – 50 W/mK.

Ambos materiales de cambio de fase (el que conforma la matriz PCM y el que se encuentra en el interior de las cápsulas) tienen una temperatura de fusión de 340°C. Esto permite que el cambio de fase del PCM encapsulado (31) y la matriz PCM (2) sean simultáneos, con lo que el intercambio de energía que tiene lugar entre dichos

35

PCM y un fluido caloportador durante el proceso de carga o descarga se producirá a temperatura constante.

5 El contenedor (1) comprende un espacio de gestión de expansión volumétrica (6) que se encuentra lleno de nitrógeno (N_2) a presión igual o ligeramente superior a la presión atmosférica. Este espacio que se encuentra en la parte superior del contenedor (1) es necesario debido a la expansión de volumen que experimenta la matriz PCM durante el proceso de carga del sistema.

10 Las cápsulas (3) que conforman el lecho PCM son esféricas, con un diámetro exterior de entre 20 y 50mm y presentan una carcasa (32) de borosilicato con un espesor de entre 0.5 y 3 mm. Cada cápsula (3) contiene un volumen de gestión de la expansión volumétrica (33) de entre 2-20% del volumen interior de la cápsula, más preferentemente del 12%. Este volumen será superior a la expansión volumétrica que va a experimentar el PCM encapsulado al fundirse.

15 El lecho PCM está confinado mediante una malla (5) de paso entre 15 y 45 mm, considerando siempre que el paso de la malla (5) tiene que ser menor que el diámetro de las cápsulas (3) que conforman el lecho PCM. Esta malla (5) se fija en un plano normal a la dirección de unos tubos de intercambio de calor (4) verticales que atraviesan el contenedor (1) y va anclada a la parte superior del contenedor mediante soldadura tanto a las paredes del contenedor (1) como a los tubos de intercambio de calor (4) de forma que no permita la movilidad de las cápsulas (3). Dicha malla (5) se sitúa en la parte superior del contenedor (1), por encima de la matriz PCM y lecho PCM, pero quedando en la parte inferior del espacio de gestión de expansión volumétrica (6).

25 El fluido caloportador que se hará circular por los tubos de intercambio de calor (4) será una combinación de vapor saturado y líquido saturado a una presión entre 150 y 140 bares.

A continuación se expone el método o procedimiento de carga y descarga del sistema descrito anteriormente.

30 Durante la carga se introduce por la parte superior del contenedor una mezcla de vapor saturado y líquido saturado con un bajo título de vapor (<10%) a 150 bares de presión (a 342°C). A su paso por los tubos de intercambio de calor (4), el vapor contenido en la mezcla se condensa, extrayéndose por la parte inferior líquido totalmente saturado o ligeramente subenfriado. El matriz PCM y las sales inorgánicas encapsuladas se funden, almacenando el calor.

5 Durante la descarga se introduce por la parte inferior del contenedor agua saturada a una presión de 140 bares (336°C). A su paso por los tubos de intercambio de calor (4), el agua saturada cambia de fase hasta que por la parte superior sale una mezcla de líquido saturado y vapor saturado. Esta mezcla es llevada a un tanque separador donde el vapor es llevado a proceso y el líquido vuelve a ser introducido por la parte inferior del sistema de almacenamiento. El matriz PCM y las sales inorgánicas encapsuladas se solidifican al ceder el calor al fluido caloportador.

Reivindicaciones

- 1.- Sistema de almacenamiento térmico caracterizado por comprender un contenedor (1) en cuyo interior se dispone:
- 5 a) un conjunto de cápsulas (3) que contienen un material de cambio de fase consistente en sales inorgánicas, conformando dichas cápsulas (3) un lecho poroso y
b) una matriz (2) consistente en un material de cambio de fase de naturaleza metálica que se sitúa en los intersticios de las cápsulas (3).
- 2.- Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque
10 la conductividad efectiva del conjunto formado por la matriz (2) y el lecho poroso es mayor de 1W/mK.
- 3.- Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 2, caracterizado porque la conductividad efectiva del conjunto formado por la matriz (2) y el lecho poroso está entre 10-60 W/mK.
- 15 4.- Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque la diferencia entre el punto de fusión del material metálico de cambio de fase que conforma la matriz (2) y el punto de fusión del material de cambio de fase contenido en las cápsulas (3) no es superior a 6°C.
5. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque
20 la temperatura de fusión de la matriz (2), así como del material de cambio de fase contenido en las cápsulas (3) varía entre 300°C y 350°C.
6. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque las cápsulas (3) comprenden una carcasa (32) de un material que es impermeable tanto al material de cambio de fase contenido en las cápsulas (3) como a la matriz
25 (2).
7. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 6, caracterizado porque la carcasa (32) de las cápsulas es de un material metálico, cerámico o un borosilicato.
8. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque
30 las cápsulas (3) comprenden en su interior un volumen de gestión de expansión volumétrica (33) de entre el 2-20% del volumen total en el interior de la cápsula en el que se encuentra un gas presurizado o una cámara de vacío.
9. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque las cápsulas (3) comprenden una carcasa (32) de espesor de entre 0.5 y 3 mm.

10. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque comprende una serie de tubos de intercambio de calor (4) dispuestos para hacer circular un fluido caloportador, situándose dichos tubos (4) de forma vertical y paralelos entre sí atravesando el contenedor, de forma que tanto el lecho poroso como la matriz (2) quedan rodeando a los tubos de intercambio de calor (4) y en contacto con ellos.

11. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 10, caracterizado porque comprende en la parte superior del contenedor (1) un espacio de gestión de expansión volumétrica (6) llenado con un gas inerte a una presión igual o superior a la presión atmosférica.

12. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 10, caracterizado porque comprende al menos una malla (5) configurada para impedir el paso de las cápsulas (4), estando dicha malla (5) colocada perpendicularmente a los tubos de intercambio de calor (4) los cuales la atraviesan, y estando dicha malla (5) sujeta mediante soldadura o soportes fijos tanto a las paredes del contenedor (1) como a los tubos de intercambio de calor (4).

13. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque comprende una capa de aislamiento exterior que recubre la superficie exterior del contenedor (1).

14. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 1, caracterizado porque la matriz (2) consiste en una aleación de zinc y magnesio y el material de cambio de fase contenido en las cápsulas (3) es una mezcla de cloruro de litio (LiCl), cloruro de potasio (KCl), carbonato de litio (LiCO₃) y fluoruro de litio (LiF).

15. Sistema de almacenamiento térmico según reivindicación 14, caracterizado porque la matriz (2) consiste en una aleación de Zinc y Magnesio en las proporciones 55 - 50% y 45-50% en peso respectivamente y el material de cambio de fase encapsulado es una mezcla de cloruro de litio (LiCl), cloruro de potasio (KCl), carbonato de litio (LiCO₃) y fluoruro de litio (LiF) en las siguientes proporciones de % másico:

Carbonato de litio:	entre 3,2-3,4
Cloruro de potasio:	entre 46,8-48,0
Fluoruro de litio:	entre 2,1-2,4
Cloruro de litio:	Resto

16. Procedimiento de carga del sistema de almacenamiento térmico descrito en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque

- 5 - un fluido caloportador es introducido por la parte superior del contenedor (1) a través del conjunto de tubos de intercambio de calor (4) y a una temperatura superior a la temperatura de fusión de los materiales de cambio de fase que se encuentran en el contenedor (1), produciéndose así la condensación del fluido caloportador a medida que éste cede energía a la matriz (2) y ésta al material de cambio de fase contenido en las cápsulas (3) que conforman el lecho poroso,
- el fluido caloportador condensado es extraído por la parte inferior del contenedor (1) a través de los tubos de transferencia de calor (4).

10 17. Procedimiento de descarga del sistema de almacenamiento térmico descrito en cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 15, caracterizado porque

- 15 - se introduce un fluido caloportador por la parte inferior del contenedor (1) a través del conjunto de tubos de intercambio de calor (4) y a una temperatura inferior a la temperatura de fusión de los materiales de cambio de fase que se encuentran en el contenedor (1), produciéndose así la cesión de energía de la matriz (2) al fluido caloportador y, a su vez, del material de cambio de fase contenido en las cápsulas (3) que conforman el lecho poroso a la matriz (2),
- el fluido caloportador es extraído por la parte superior del contenedor (1) a través de los tubos de transferencia de calor (4).

20

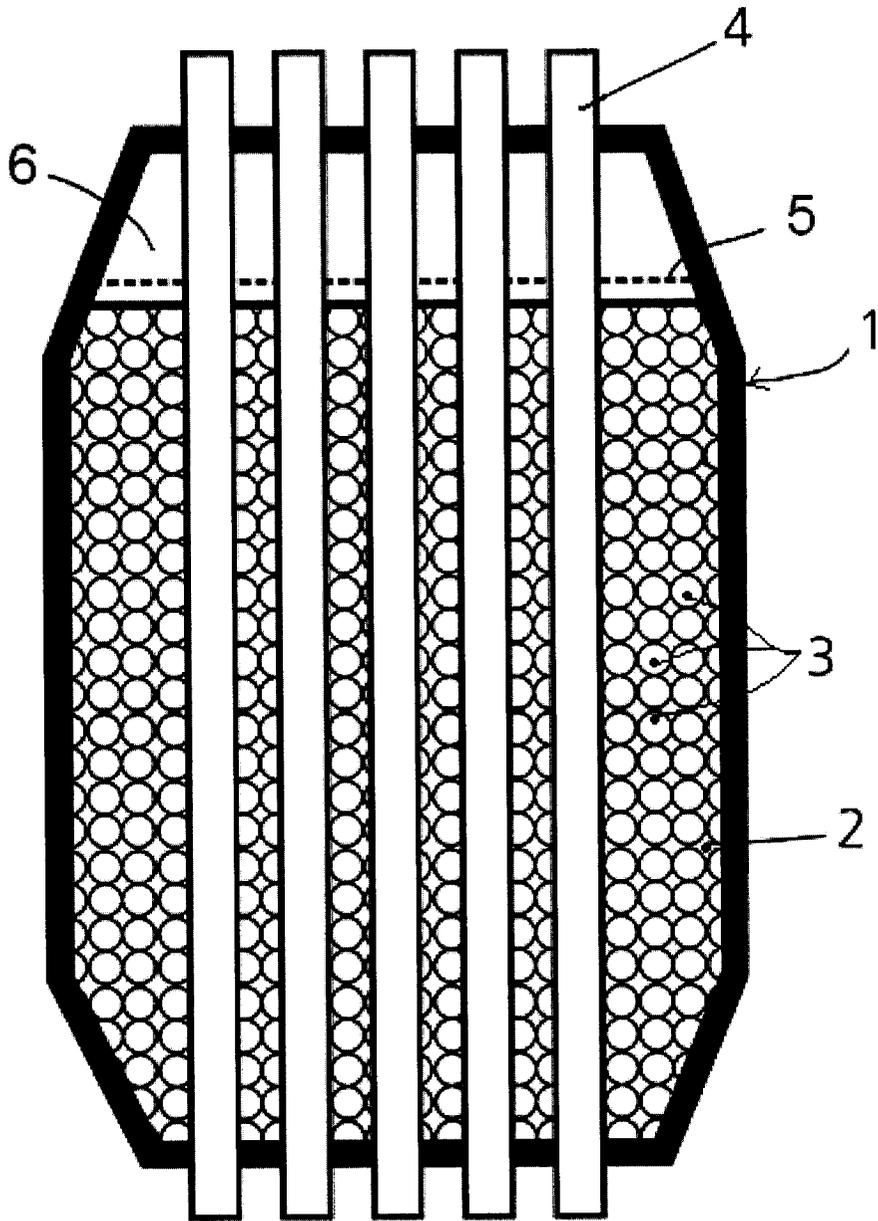


FIG. 1

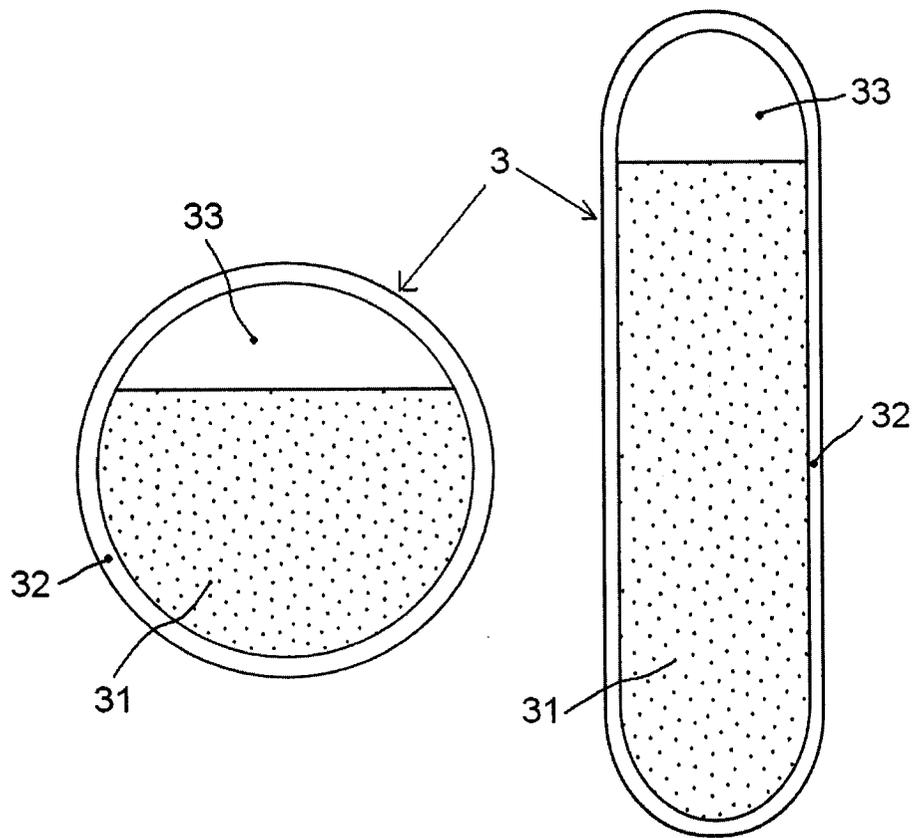


FIG. 2