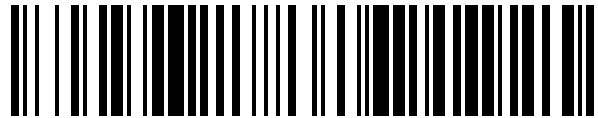


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 172 383**

21 Número de solicitud: 201631265

51 Int. Cl.:

F24F 12/00 (2006.01)

B01J 8/04 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

23.10.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.12.2016

71 Solicitantes:

AJONA MAEZTU, Jose Ignacio (75.0%)

Aravaca 30

28040 Madrid ES y

SEENSO RENOVAL S.L. (25.0%)

72 Inventor/es:

AJONA MAEZTU, Jose Ignacio

54 Título: **DISPOSITIVO DE RECUPERACION DE LA ENERGÍA RESIDUAL DEL PROCESO DE SECADO, O DE OTROS PROCESOS TÉRMICOS, UTILIZANDO LECHOS EMPAQUETADOS COMO CAPTADORES, PRECALENTADORES Y ACUMULADORES**

ES 1 172 383 U

El secado representa un buen ejemplo de la necesidad de la recuperación de calor en la industria. En la actualidad se utilizan diversas tecnologías para el secado desde el secado al sol de productos agrícola, al secado conductivo, convectivo o radiativo en silos y hornos o al secado utilizando materiales adsorbentes o absorbentes. En la mayor parte de los casos, el secado se realiza térmicamente con aire o gases, que arrastran la humedad evaporada, o sin aire mediante la evaporación en vacío o utilizando materiales que retienen el vapor de agua (adsorbentes o absorbentes). En este último caso, utilizado por ejemplo en el secado del gas natural previamente a su transporte y/o licuefacción, el material adsorbente (o absorbente) tiene que regenerarse para perder el vapor de agua capturado lo que se realiza mediante la aplicación de calor, lo que no deja de ser otra variante del proceso de secado en secadero, en este caso del material adsorbente o absorbente. Un buen resumen de las distintas tecnologías de secado y de las problemáticas asociadas se encuentra en "Drying handbook. Fourth edition", (Arun S. Mujumdar, 2014, CRC Press). La mayor parte de la energía aportado al secado se acaba perdiendo en el aire húmedo que se expulsa del secadero o en la regeneración de los materiales adsorbentes o absorbentes. Hasta la fecha, la mayor parte de los sistemas de secado no recuperan gran parte de la entalpía del aire de salida y por tanto las eficiencias típicas son bastante bajas. En la tabla a continuación ("Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for heat Sensitive Products", Mohamed Djaeni , 2008, Tesis Doctoral Universidad de Wageningen (Holanda)) mostramos los valores típicos:

Tabla 1: Comparativa entre a eficiencia energética de diversos sistemas de secado

Nº	Tipo de secadero	Eficiencia energética (%)	Consumo de vapor (kg de vapor por kg de agua extraída)
1	Secadero de cámara	20-30%	3.0-5.0
2	Secadero en vacío	35-40%	2.5-3.0
3	Secadero por congelación	10-20%	5.0-10.0
4	Secadero por aspersion	30-60%	1.6-3.0
5	Secadero de tambor giratorio	25-60%	1.6-4.0
6	Secadero de lecho fluidizado	30-70%	1.5-3.0

Los sistemas de secado eficientes energéticamente suelen incorporar, teniendo en cuenta las características del producto a secar, uno o varios de los siguientes mecanismos (ver p.e. “Eficiencia energética en calderas, generadores de vapor, hornos y secaderos”, Guillermo Escobar et al, capítulo 5 del wikilibro en Eficiencia energética, Escuela de Organización Industrial, <http://www.eoi.es/wiki/>)

- Presecar el producto previamente en corrientes naturales o forzadas de aire atmosférico
- Secar el mínimo posible en términos absolutos.
- 10 • Reducción de la humedad del aire de entrada al secadero
- Calentamiento del aire seco a la temperatura máxima posible, si el objetivo es reducir los tiempos de secado o a la mínima temperatura práctica si el tiempo de secado no importa.
- Intercambio del aire seco con el producto a secar
- 15 • Saturar de humedad al máximo el aire o los gases de salida
- Recuperación de la entalpía del aire de salida del secadero (p.e. recirculación del aire de secado, lechos fluidizados con tubos térmicos, intercambiadores de tubos y aletas, bombas de calor,...)
- Reducción de la presión del aire
- 20 • Recuperar el calor residual sensible del producto secado

Para la recuperación del calor residual de otros procesos industriales las aproximaciones usuales son:

- Recuperación de calor para uso externo a la instalación donde se ubica el proceso (por ejemplo, la calefacción, refrigeración y ACS de un barrio cercano, ver: <http://pitagorasproject.eu/>) mediante intercambiadores de calor que transmiten la energía residual del proceso a una red de distribución.
- 25 • Recuperación de calor para uso interno en la instalación donde se ubica el proceso o incluso en el mismo proceso. Si la temperatura disponible en el calor residual es inferior a los 70°C se puede consumir directamente, mediante intercambiadores, en procesos de más baja temperatura (p.e. ACS) o aumentar su temperatura mediante Transformadores de Calor por Absorción (AHT) para utilizarlo en otros procesos. Si la temperatura disponible en el calor residual es superior a los 70°C se puede utilizar para producir electricidad con motores de cogeneración o, si la temperatura del calor residual supera los
- 30
- 35 300°, mediante equipos que funcionan, por ejemplo, con ciclos orgánicos

(ORC)

Con respecto a la recuperación del calor residual generado en los edificios, y dado su reducido nivel térmico, se suele utilizar principalmente para el precalentamiento del aire de ventilación y, en algunos casos, para el precalentamiento del agua caliente sanitaria.

5

Para reducir el impacto ambiental del secado y de otros procesos térmicos, además de mejorar la eficiencia del proceso, es conveniente el acoplarlo con fuentes energéticas renovables. La combinación con sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar como fuente de calor, es un objetivo que está presente en numerosas referencias especialmente para el secado de los productos agrícolas en países en desarrollo con un buen recurso solar (ver por ejemplo "Solar Drying", W. Weiss & J. Buchinger, 2015. Training course within the project "Establishment of a Production, Sales and Consulting Infrastructure for Solar Thermal Plants in Zimbabwe", AEE INTEC -Austria). Esta combinación se puede favorecer cuando se cuenta con sistemas de almacenamiento que filtran la variabilidad de la fuente de energía y permiten un suministro energético más homogéneo.

10

15

Entre los problemas pendientes de la tecnología de recuperación del calor residual del secado y de otros procesos térmicos, y que pretendemos atacar con el dispositivo de la invención, podemos destacar:

20

- Baja eficiencia
- Consumo energético elevado
- Costes de inversión elevados de los sistemas eficientes
- Pérdida del agua evaporada
- Acoplamiento con fuentes intermitentes de calor, como son las instalaciones

25

solares térmicas

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

El dispositivo de la invención utiliza para su aplicación al secado y en otros procesos térmicos industriales y en la edificación, en un nuevo dispositivo, los resultados teóricos y experimentales de la Tesis doctoral del autor del dispositivo de la invención "Estudio de los intercambios de calor entre un invernadero considerado como colector solar de aire húmedo y un lecho de rocas como sistema de control ambiental" (José Ignacio Ajona Maeztu, Facultad de Físicas- Universidad Complutense de Madrid, 1990). En aquel estudio, sin tener relación con la recuperación de calor en los

30

35

procesos térmicos, se modelizó y se comprobó experimentalmente una serie de resultados utilizables para entender cómo funciona el dispositivo de la invención, especialmente para el caso del secado. Cuando se introduce aire caliente y húmedo por la parte alta de un lecho empacutado (en aquél caso cantos rodados) más frío, con un salto escalón en las condiciones de temperatura y humedad del aire de entrada, el aire cede su calor al relleno en forma de calor sensible y de cambio de fase, produciéndose la condensación de parte del agua contenida en el aire sobre el relleno y observándose:

- Incluso con caudales y velocidades del aire reducidas, la transferencia de calor entre el aire y el relleno es excelente y por tanto la temperatura del aire y del relleno son muy semejantes en los puntos del interior del lecho.
- Si la humedad relativa del aire de entrada es menor del 100% con una temperatura húmeda superior a la temperatura inicial del relleno, la evolución térmica del relleno experimentaba dos etapas claramente diferenciadas. En la primera etapa, el relleno alcanza una temperatura próxima a la temperatura húmeda del aire de entrada y se produce condensación de agua sobre el relleno y, posteriormente, drenaje o evaporación del agua depositada. Cuando el agua sobre el relleno se agota, bien por la evaporación o por el movimiento del agua líquida hacia el fondo por efecto de la gravedad, se inicia la segunda fase en la que el lecho evoluciona desde la temperatura próxima a la del aire húmedo del aire de entrada, hasta alcanzar la temperatura seca del aire de alimentación.
- Si el aire que se introduce es muy seco, solo se propaga la segunda onda de temperatura en la que el lecho evoluciona desde la temperatura inicial del relleno, hasta alcanzar la temperatura seca del aire de alimentación.
- En la primera etapa, la onda térmica se desplaza en el interior del lecho a una velocidad, en función de las condiciones de operación, significativamente más rápida que en la segunda y tanto más rápida cuanto mayor es la temperatura húmeda.
- El agua líquida depositada sobre el relleno y que desciende hasta el fondo del lecho, representaba una proporción muy significativa del agua líquida introducida.
- Durante la primera etapa, la evolución del aire húmedo, representada sobre el diagrama psicrométrico, recorre la curva de saturación hasta aproximarse a la temperatura húmeda del aire de entrada

En el dispositivo de la invención se utilizan, acoplados al contenedor con el producto a secar o al proceso del que sale calor residual, dos lechos empaquetados para recuperar el calor residual del proceso tanto en forma de calor de cambio de fase como de calor sensible tal como muestran las Figura 1, 2 y 3 donde los números se refieren a los distintos equipos.

Un lecho empaquetado es un reactor multifásico en cuyo interior se hallan presentes diversos materiales en dos o tres fases (sólido, líquido o gas). En sus interior se pueden producir reacciones químicas o, como en el caso del dispositivo de la invención que nos ocupa, fenómenos de transferencia de calor y masa entre el sólido (denominado típicamente relleno del lecho) y un fluido caloportador (p.e. aire húmedo, agua,...) que circula en su interior y que sirve para cederle o quitarle energía al relleno sólido del lecho, en función del modo de operación.

En el dispositivo de la invención se utilizan lechos empaquetados para el captador de calor residual (2) y el precalentador (3) con un material sólido de relleno con unas propiedades físicas tales que el producto del valor de su calor específico, de su densidad y de la fracción del espacio ocupado por el sólido en el lecho es mayor de 200 kilojulios por grado centígrado y metro cúbico (kJ/C/m³), pudiendo superar los 3000 kJ/C/m³. El fluido utilizado como fluido caloportador en los lechos (2) y (3) (p.e. aire húmedo) que ha aumentado su nivel entálpico al atravesar previamente el proceso (1), cederá buena parte de la entalpía ganada en (1) al circular a través de los lechos (2) y (3), según los modos de operación descritos a continuación, y recuperando por tanto la energía aplicada (o generada) en el proceso (1), para el propio proceso (1) o para otros usos.

Para la circulación del fluido caloportador entre el proceso (1) y los lechos (2) y (3) se precisa el soplante (S) y si es preciso calentarlo antes de que entre en el proceso (1), hace falta un calentador (6). Para que el flujo del fluido caloportador se dirija desde el proceso (1) al lecho (2) o al lecho (3) y para el que el flujo del fluido caloportador entre al proceso (1) desde el lecho (3) o del (2), se precisan válvulas o compuertas (a), (b), (c) y (d) accionadas en conjunción con las (a'), (b'), (c') y (d'). Para permitir la entrada y salida de fluido desde el exterior del dispositivo, son precisas las válvulas o compuertas (e), (f) y (g). La extracción de condensados en los lechos (2) o (3) precisa de una bomba (B)

El significado de los números en las Figuras 1, 2 y 3 es

1. Proceso que genera calor residual tanto en forma de calor de cambio de fase como de calor sensible (p.e.: Secadero en el que se produce vapor de agua)

2. Lecho empaquetado que capta el calor residual y lo transmite al material de relleno (p. e. condensando el vapor extraído de un secadero)
3. Lecho empaquetado que aprovecha la entalpía del calor residual captado por (2) para precalentar el fluido con el que alimento a (1) o a otro equipo
- 5 4. Entrada del fluido al precalentador (3), (en el modo de operación 1, descrito a continuación)
5. Salida del fluido precalentado del precalentador (3) (en el modo de operación 1 y en el 3, descrito a continuación)
6. Calentador del fluido precalentado, (en el modo de operación 1).
- 10 7. Entrada del fluido al proceso (p.e. secadero) (1) (en el modo de operación 1 y 2)
8. Salida del fluido del proceso (1) hacia el captador de calor residual (2) en el modo de operación 1 y 3 o al precalentador (3) en el modo de operación 2, descrito a continuación
- 15 9. Salida del fluido al exterior, en el modo de operación 1 y 3, desde el captador de calor residual (2).
10. Salida del destilado del captador de calor residual (2) en el caso de que se produzca.
11. Entrada del fluido desde el exterior al proceso (1), (en el modo de operación 3)
- 20 12. Salida del fluido al exterior, en el modo de operación 3, hacia el proceso externo de aprovechamiento del calor residual.

El dispositivo de la invención puede funcionar en tres modos de operación diferenciados.

En el primero (modo de operación 1), el producto que se procesa en (1) (p.e. producto a secar) se calienta con una fuente externa (6) (caldera, instalación solar,...) o interna (reacción química) y produce calor residual (p.e. entra aire caliente y seco al proceso (1) que evapora el agua del producto a secar y produce aire caliente y húmedo) que es transferido por el fluido caloportador hacia el captador de calor residual (2) y el precalentador (3). El fluido del proceso (1), a baja temperatura, entra por (4) al precalentador (2) donde se precalienta antes de entrar en el calentador (6) por la conducción (5) y ser introducido en el proceso (1) mediante la conducción (7), produciéndose un fluido con calor residual a su salida (en el caso del secado se produce vapor, haciendo que el aire alcance un estado inicialmente cuasi saturado a una temperatura próxima a la fijada en el calentador y posteriormente con un contenido de humedad que irá disminuyendo según el producto vaya secándose hasta

aproximarse a la humedad del aire de entrada). El fluido con alto contenido entálpico procedente del proceso (1) a través de la conducción (8), transferirá su entalpía en contacto con el material del relleno del captador de calor residual (2)

- Para el caso del secado la transmisión de calor se realizará de la misma forma que en la descrita anteriormente en la Tesis citada y recorriendo inicialmente una trayectoria, representada en el diagrama psicrométrico, o en el diagrama de presión-temperatura correspondiente al vapor a condensar, sobre la curva de saturación, entre una temperatura próxima a la fijada en el calentador (6) y la del aire de entrada, o gas de tratamiento, introducido por (4). El líquido condensado sobre el relleno y que llega por gravedad al fondo del captador de calor residual (2) es extraído del sistema por (10). El fluido enfriado que sale del captador de calor residual (2) se expulsa del sistema por (9).
- Para el caso de otros procesos sin cambio de fase del fluido, la transferencia de calor será únicamente por calor sensible entre el fluido caloportador y el sólido.

En el segundo modo de operación (modo de operación 2) se entrará exclusivamente cuando se quiera recuperar el calor sensible del material en el interior del proceso (1); por ejemplo, en el caso del secado de un producto cuando éste ya está seco hasta los niveles establecidos y a una temperatura próxima a la fijada como consigna en el calentador (6). En este modo de operación 2 se procede a apagar el calentador (6), manteniendo el circulador del fluido (S) conectado para recuperar el calor sensible del producto y transferirlo hacia la parte alta del precalentador (3). El fluido enfriado a la salida del precalentador (3) entra al proceso (1) por la conducción (7). Si la temperatura de salida del precalentador no es lo suficientemente fría para refrigerar el producto, se tomará fluido frío del exterior, por ejemplo, posicionando adecuadamente (b) y (c), y se expulsará por (e) una vez abierta.

En el tercer modo de operación (modo de operación 3) se entrará exclusivamente cuando se quiera utilizar el calor residual generado en el proceso (1), recuperándolo para su uso en otro proceso diferente al que lo ha generado (proceso (1)); por ejemplo, en el caso de un proceso exotérmico (o con fuentes internas de generación de calor) que no necesita que el fluido entrante le proporcione energía y que en muchos casos se utiliza para refrigerarlo. En este modo de operación 3, el calentador (6) normalmente estará apagado (ya que el proceso (1) genera calor), manteniendo el circulador del fluido (S) conectado para mover el fluido y recuperar el calor residual del proceso (1) de la misma forma que en el modo de operación 1: El fluido con alto

contenido entálpico procedente del proceso (1) a través de la conducción (8), transferirá su entalpía en contacto con el material del relleno del captador de calor residual (2), realizando el mismo cambio de papeles con el precalentador (3) con los mismos criterios descrito en el siguiente párrafo. La diferencia con el modo de

5 operación 1 estriba en que, en el modo de operación 3, el fluido entrará al dispositivo por la conducción (11) para dirigirlo hacia el proceso (1) y por la conducción (4) para dirigirlo a través de la conducción (12) hacia el aprovechamiento externo de la entalpía procedente del precalentador (3), en vez de dirigirla hacia el proceso (1), el fluido que

10 entre por la conducción (11) puede ser igual o distinto del que entra por la conducción (4). Para este modo de funcionamiento 3, es necesario que la compuerta (f) desvíe el fluido hacia el proceso externo, evitando que vaya hacia el proceso (1) desde la conducción (5) y que este abierta la compuerta (g) para permitir la entrada del fluido por (11). El proceso al que se envía el calor recuperado del proceso (1) contará con todos los elementos necesarios para la circulación del fluido a su través.

15 En los modos de operación 1 y 3, el que el precalentador (3) pueda hacer la función de precalentar el fluido se debe a que captador de calor residual (2) y el precalentador (3) intercambian sus papeles cuando la evolución de temperatura en la parte baja del captador de calor residual (2) es tal que sube por encima de la temperatura de la entrada del fluido por (4) la cantidad establecida como criterio de operación. Este

20 cambio se ejecuta mediante un juego de válvulas de compuerta de 3 vías (o equivalente) por el que las conexiones (a), (b), (c) y (d) del captador de calor residual (2) cambian su función con las (a'), (b'), (c') y (d') del precalentador (3) y viceversa mientras la compuerta (e) de salida del proceso permanece cerrada. El movimiento de los fluidos se realiza, principalmente, mediante el grupo hidráulico de bombas B de

25 extracción del condensado, y por el circulador (soplante para el caso del secado) S, en el conducto (5) (también es posible ubicarlo en el conducto (8)) para circular el fluido entre el precalentador (3), el secadero (1) y el captador de calor residual (2). Al producirse el cambio, el nuevo precalentador se encuentra en las condiciones que estaba el captador de calor residual, con una temperatura en la parte alta próxima a la

30 fijada en el calentador (6) y una temperatura en la parte baja próxima a la de entrada del fluido por (4) por lo que podrá precalentar, cediendo su calor, al fluido entrante. De la misma manera, el nuevo captador de calor residual se encuentra en las condiciones que estaba el precalentador, que se ha ido descargando térmicamente al haberse enfriado por el paso del fluido de alimentación al sistema, con una temperatura en su

35 parte inferior próxima a la de entrada del fluido por (4) por lo que, en los modos de

operación 1 y 3, podrá recuperar eficientemente el calor residual proveniente del proceso (1) al igual que recuperar el calor sensible del producto procesado, en el segundo modo de operación. Este cambio de papeles es uno de elementos más destacables del dispositivo de la invención. Es importante destacar que el cambio de papeles entre el captador de calor residual (2) y el precalentador (3) se realizará, durante los modos de operación 1 y 3, el número necesario de veces para recuperar el calor del proceso según lo establecido como consigna y que el modo de operación 2 se utilizará únicamente si se desea extraer el calor sensible del producto una vez procesado para poder utilizarlo en el procesado de nuevo producto.

La eficiencia del dispositivo de la invención, entendida como el cociente entre la energía residual del proceso (1) recuperada, mediante la utilización del captador de calor residual (2) y del precalentador (3), y el calor residual generado en (1) va a depender principalmente de

- La temperatura fijada como consigna en el calentador (6), o producida por el propio proceso, y la presión de trabajo: cuanto más altas, mayor eficiencia.
- Durante los modos de operación 1 y 3, lo próximas que se encuentren las temperaturas de la parte alta del captador de calor residual (2) y del precalentador (3) a la fijada en el calentador (6) (o a la producida por el proceso) y las temperaturas de la parte baja del captador de calor residual (2) y del precalentador (3) a la entrada de fluido por (4): Cuanto más próximas, mayor eficiencia.
- La entalpía a la salida del proceso (1): En los modos de operación 1 y 3 cuanto más altas, mayor eficiencia y en el modo de operación 2, cuanto más baja la temperatura, mayor eficiencia
- La temperatura del destilado producido (si se produce): Cuanto más baja, mayor eficiencia
- La temperatura del producto a procesar, una vez procesado: Cuanto más baja, mayor eficiencia.
- El nivel de aislamiento térmico del captador de calor residual (2) y del precalentador (3): Cuanto mejor sea el aislamiento, mejor eficacia del dispositivo

Aplicando estas pautas de control de las condiciones de trabajo que favorecen la eficiencia energética del dispositivo, los valores de eficiencia alcanzables en la mayor parte de los casos será superior al 60%, pudiéndose alcanzar niveles por encima del 95% en muchos casos, siempre que el nivel de aislamiento térmico sea el suficiente.

El criterio de diseño de los lechos para un funcionamiento eficiente, teniendo en cuenta la cantidad de calor residual producida en el proceso (1) y los correspondientes caudales de fluido, es por tanto el

- 5 • dimensionar el captador de calor residual (2) y el precalentador (3) con la capacidad térmica suficiente para que el cambio de papeles de captador de calor residual (2) a precalentador (3), y viceversa, (a realizar cuando la onda térmica provocada por la entrada del calor residual en la parte alta del captador de calor residual (2) empiece a llegar a la parte baja del captador de calor residual (2)), se tenga que realizar con una frecuencia razonable (p.e. cada 2-3
10 hr) y se garantice una recuperación de la casi totalidad de la energía residual del proceso (1).
- dimensionar los lechos para garantizar una transferencia de calor y masa adecuados, lo que depende, entre otras cosas, de la velocidad del fluido en el interior del lecho.

15 Si bien el dispositivo de la invención puede trabajar con numerosos materiales de relleno, es recomendable el utilizar materiales con un elevado valor del producto densidad y calor específico, fracción de huecos pequeña, bajo coste, disponibilidad local y resistencia a la temperatura y la corrosión. Por lo tanto, la utilización de rocas (cantos rodados, granito,...) disponibles localmente, es una excelente (no única)
20 elección: Permite trabajar a temperaturas y presiones elevadas con un coste muy reducido por lo que se puede dimensionar con amplitud para poder trabajar con saltos térmicos importantes entre la parte superior e inferior de los rellenos del captador de calor residual (2) y del precalentador (3)

El lecho del captador de calor residual (2) y del precalentador (3) cuando utiliza como
25 relleno materiales tales que el producto del valor de su calor específico, de su densidad y de la fracción del espacio ocupado por el sólido en el lecho sea mayor de 200 kilojulios por grado centígrado y metro cúbico (kJ/C/m^3), pudiendo superar los 3000 kJ/C/m^3 , además de como captador de calor residual (2) o precalentador (3), funciona como un sistema de almacenamiento energético de fuentes de calor
30 (intermitentes o no), eficiente y, potencialmente, de bajo coste. Esto es especialmente interesante si se quiere aportar con calor solar, u otras fuentes de calor renovable o de recuperación, (en solitario o como contribuyente principal) la energía necesaria para el proceso (hay que tener en cuenta que siempre se podrá hibridar el sistema solar con otro sistema de producción de calor con renovables o con combustibles
35 convencionales para mantener un régimen constante en la producción del proceso si

así se desea).

Es importante señalar que en el dispositivo de la invención se consigue el equilibrado termodinámico de los flujos de fluido y del relleno de los lechos, gracias al acoplamiento causado entre el comportamiento térmico del fluido y del relleno, tanto
5 en el captador de calor residual (2), como en el precalentador (3), por la buena transferencia de calor que se consigue y la gran estratificación térmica entre la parte alta del lecho y la parte baja del lecho, incrementada si se utilizan materiales de relleno con una elevada inercia térmica y baja conductividad térmica.

10 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y
15 no limitativo, se ha representado lo siguiente:

En la Figura 1 mostramos una vista esquemática del dispositivo de la invención con los principales elementos constituyentes, trabajando en el modo de operación 1.

En la Figura 2 mostramos una vista esquemática del dispositivo de la invención con los principales elementos constituyentes, trabajando en el modo de operación 2.

20 En la Figura 3 mostramos una vista esquemática del dispositivo de la invención con los principales elementos constituyentes, trabajando en el modo de operación 3.

En las Figura 4, y 5 mostramos una vista detallada, en planta desde arriba y desde abajo, para el modo de operación 1 y en las Figuras 6 y 7 mostramos una vista detallada en planta desde arriba y desde abajo para el modo de operación 2, de una
25 posible realización preferente del objeto de la invención para el caso de un proceso de secado, con sus diversos componentes en los que se muestra el dispositivo de la invención incluyendo los dispositivos para el cambio de papeles entre el captador de calor residual (2) y el precalentador (3) y la recuperación del calor sensible del proceso (1).

30 El las Figuras 4, 5, 6 y 7 los elementos designados por las letras minúsculas hacen referencia a los de la Figura 1, 2 y 3 al igual que los designados por los números.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

35 El dispositivo objeto de la invención se puede realizar de múltiples formas, con

diferentes tamaños y materiales y en numerosas aplicaciones. Lo concretamos para el caso de un proceso de secado,

En las Figura 4, y 5 mostramos una vista detallada, en planta desde arriba y desde abajo, para el modo de operación 1 y en las Figuras 6 y 7 mostramos una vista detallada en planta desde arriba y desde abajo para el modo de operación 2, de una posible realización preferente del objeto de la invención con sus diversos componentes en los que se muestra el dispositivo de la invención incluyendo los dispositivos para el cambio de papeles entre el captador de calor residual (2) y el precalentador (3) y la recuperación del calor sensible del proceso-secadero (1). Estas figuras muestran una posible realización preferente de la invención para secaderos y con los mismos elementos de las Figuras 1, 2 y 3 (salvo las compuertas f y g que no son necesarias para esta realización preferente) y un trazado de las tuberías y conductos en el que se observan las bombas B, el soplante S, las compuertas C, D1, D2, D3 Y D4 y la válvula de 3 vías, V, utilizadas para la operación del dispositivo.

15 En funcionamiento en el modo de operación 1,

- El soplante S funciona mientras se quiera secar el producto en el secadero (1).
- La bomba B funciona mientras se quiera extraer el destilado producido.
- La posición de la compuerta C, dirige el aire desde el secadero (1) al captador de calor residual (2) y desde el precalentador (3) al calentador (6).
- 20 • Las compuertas D1 y D2 están abiertas y permiten la entrada del aire exterior al precalentador (3) y la salida del aire desde el captador de calor residual (2)
- La posición de las compuertas D3 y D4 permite que el aire de salida del precalentador (3) por la tubería (5) alcance al calentador (6) e impide que el aire circule por las aberturas (b) y (b').
- 25 • La compuerta D5 permanece cerrada
- El calentador (6) recibe el aire por la tubería (5) y lo manda más caliente, a la temperatura designada, por la tubería (7) al secadero (1) siempre que el soplante S esté en marcha.

Para el cambio de papeles entre el captador de calor residual (2) y el precalentador (3) a realizar cuando la temperatura en la parte baja del captador de calor residual (2) suba la cantidad fijada por encima de la del aire de alimentación al precalentador (3):

- Se para el soplante S y se vacía el captador de calor residual (2) de agua con la bomba B.
- Se cambia de posición la compuerta C. Al cambiar de posición la compuerta (C→C'), situada entre el conducto (5) y el (8), el precalentador (3) se

transforma en el nuevo captador de calor residual (3→2') y el aire se mueve entre el nuevo captador de calor residual (2') y el secadero (1)

- Cuando se ha cambiado de posición la compuerta C, se arranca el soplante S y se entra en el nuevo modo de funcionamiento normal

5 El modo de funcionamiento 1 se mantiene hasta alcanzar el nivel de humedad deseado a la salida del secadero (1); cuando se alcanza, se pasa al modo de funcionamiento 2. En funcionamiento en el modo de operación 2,

- El soplante S funciona mientras se quiera enfriar el producto en el secadero.
- El calentador (6) está apagado

10 • La posición de la compuerta C, dirige el aire desde el secadero (1) al último que ha actuado como precalentador (3)

- Mientras la temperatura de salida del precalentador (3) sea lo suficientemente baja para enfriar el producto en el secadero (1),

15 ○ Las compuertas D1 y D2 están cerradas e impiden la entrada del aire exterior al precalentador (3) y la salida desde el captador de calor residual (2)

- La posición de las compuertas D3 y D4 evita que el aire de salida del precalentador (3) por la tubería (5) alcance al calentador (6), evita que el aire circule por la abertura (b) y permite que el aire circule por las aberturas (b').

20 • Si la temperatura de salida del precalentador (3) no es lo suficientemente baja para enfriar el producto en el secadero (1), se tomará aire del exterior (abriendo el paso, por ejemplo, a través de las compuertas D1 y D3) y después de circularlo por el secadero (1) se expulsará al exterior por una abertura al efecto después del secadero D5, en la tubería (8)

25 • El secadero (1) recibe el aire frío del precalentador (3) o del exterior por la tubería (7) siempre que el soplante S esté en marcha.

Tanto en el modo de operación 1 como en el 2, si se quiere realizar todo o parte del aporte de energía con una instalación solar, u otra de disponibilidad intermitente, se podrá, entre otras opciones, calentar el aire a la salida del secadero.

30 Los lechos empaquetados de la realización preferente mostrada en la Figura 4, 5, 6 y 7, se pueden construir con rocas de un tamaño homogéneo y con un diámetro, preferiblemente, unas 20 veces inferior al del diámetro equivalente del contenedor. El contenedor estará aislado térmicamente, se puede fabricar de un material capaz de

35 aguantar la presión (o estar contenido en otro contenedor que la soporte como puede

ser el propio suelo si está enterrado), y la temperatura de trabajo (p.e. polipropileno, acero, ..), y además del relleno, podrá contar con un plenum/difusor inferior y otro superior para la adecuada distribución del aire. El dimensionado de los lechos empacados dependerá de la demanda de producto seco que se quiera procesar y
5 de los modos de operación que se deseen y puede variar desde unos pocos litros hasta muchos miles de m³.

Los equipos para el movimiento y control de los fluidos se seleccionarán para aguantar las condiciones de trabajo (p.e. temperatura, presión, pérdida de carga, ..)

Es de destacar que, cambiando los fluidos de trabajo (aire por cualquier gas y agua
10 por cualquier líquido), y manteniendo el concepto general, el número de aplicaciones en las que se puede aplicar el dispositivo de la invención es enorme y se podrían mostrar un gran número de realizaciones esencialmente idénticas a la realización preferente descrita en esta sección.

15 Aplicación industrial

La aplicación industrial del dispositivo de la invención es inherente a naturaleza de la invención tanto al secado como a otros procesos térmicos en la industria y en edificación y se deduce de la explicación de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la recuperación del calor residual de procesos térmicos, (como puede ser el generado en el secado, la fabricación/producción de diversos productos o la ventilación/disipación del calor generado en los edificios), caracterizado porque la entalpía del calor residual producido en el proceso (1) y extraída de (1) mediante un fluido caloportador se recupera, y caracterizado porque para ello utiliza un conjunto de soplantes (S) y/o bombas (B), un conjunto de conductos, válvulas y compuertas, un calentador (6) y dos lechos rellenos con materiales sólidos, el primero actuando como captador de calor residual (2) recibiendo el fluido caloportador proveniente del proceso (1) y el segundo actuando como precalentador (3) del fluido caloportador antes de entrar al proceso (1) que generó el calor residual o a otro proceso externo.

2. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado porque el Captador de calor residual (2) y el Precalentador (3) intercambian sus papeles cuando el captador de calor residual (2) se ha cargado térmicamente, al recibir el fluido caloportador que arrastra el calor residual originado en el proceso (1) mediante el soplante (S), hasta el nivel térmico establecido. Este cambio se realiza de manera cíclica, cada vez que se alcance la condición de cambio descrita, mediante la utilización de un conjunto de válvulas y compuertas con actuaciones enclavadas entre ellas de tal forma que, una vez actuadas, el Captador de calor residual (2) empezará a actuar como nuevo Precalentador y el antiguo Precalentador (3) como nuevo Captador de calor residual. De esta forma y con estos ciclos de operación, la entalpía capturada por el captador de calor residual (2) podrá utilizarse para precalentar el fluido que alimenta al proceso (1), o a otro proceso externo, cuando actúe como Precalentador (3).

3. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado porque el Precalentador (3) puede recuperar el calor sensible del producto una vez procesado en el proceso (1), mediante la utilización de un conjunto de compuertas con actuaciones enclavadas entre ellas, con lo que calor capturado por el precalentador podrá utilizarse para precalentar el fluido que alimenta al proceso en sucesivos ciclos de proceso.

4. Dispositivo según reivindicación 1 caracterizado porque los materiales de relleno de los lechos (2) y (3) tendrán, preferentemente, unas propiedades físicas tales que el producto del valor de su calor específico, de su densidad y de la fracción del espacio ocupado por el sólido en el lecho sea mayor de 200 kilojulios por grado

centígrado y metro cúbico (kJ/C/m^3), pudiendo superar los 3000 kJ/C/m^3 , lo que le permite que pueda actuar como almacenamiento energético de fuentes de calor, intermitentes o no, como son las instalaciones solares térmicas y otras fuentes de calor renovable o de recuperación.

5

5. Dispositivo según reivindicación 1, caracterizado por una eficiencia energética superior al 60%.

10 6. Dispositivo según reivindicación 6, caracterizado por una eficiencia energética superior al 95%.

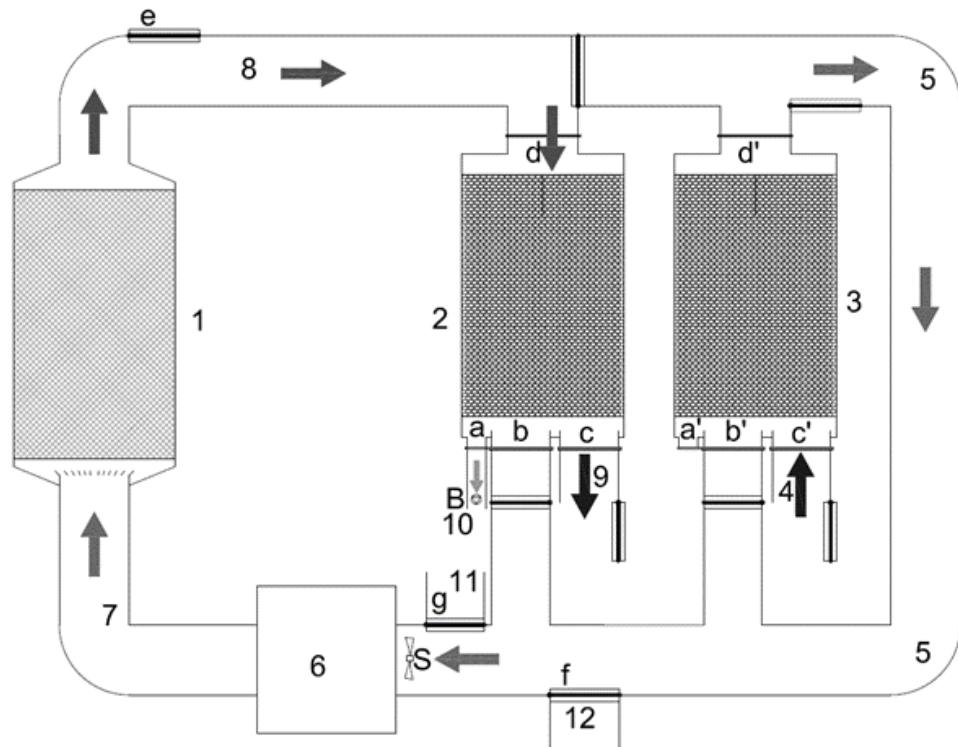


FIGURA 1

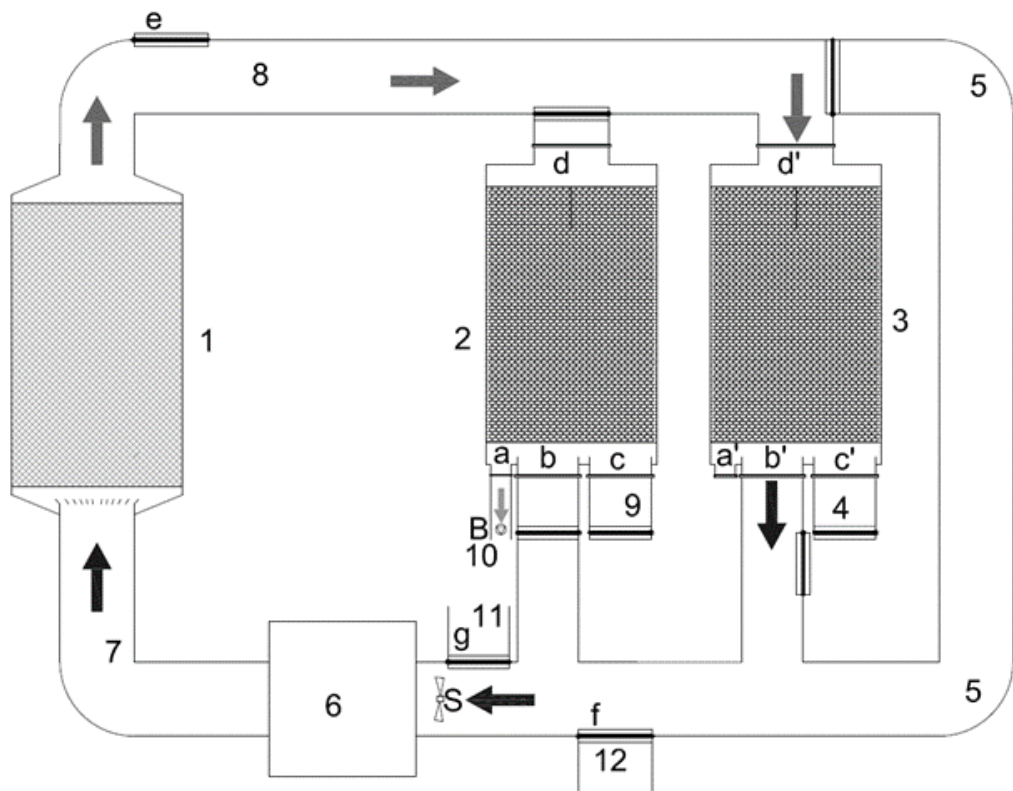


FIGURA 2

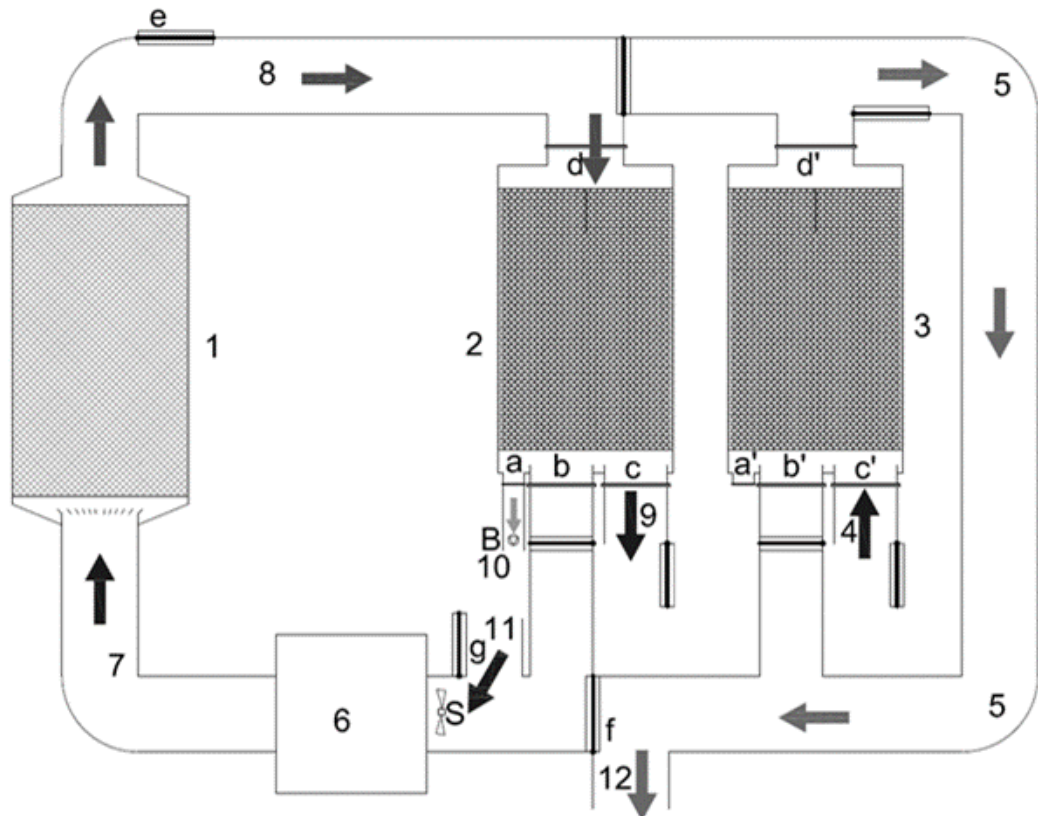


FIGURA 3

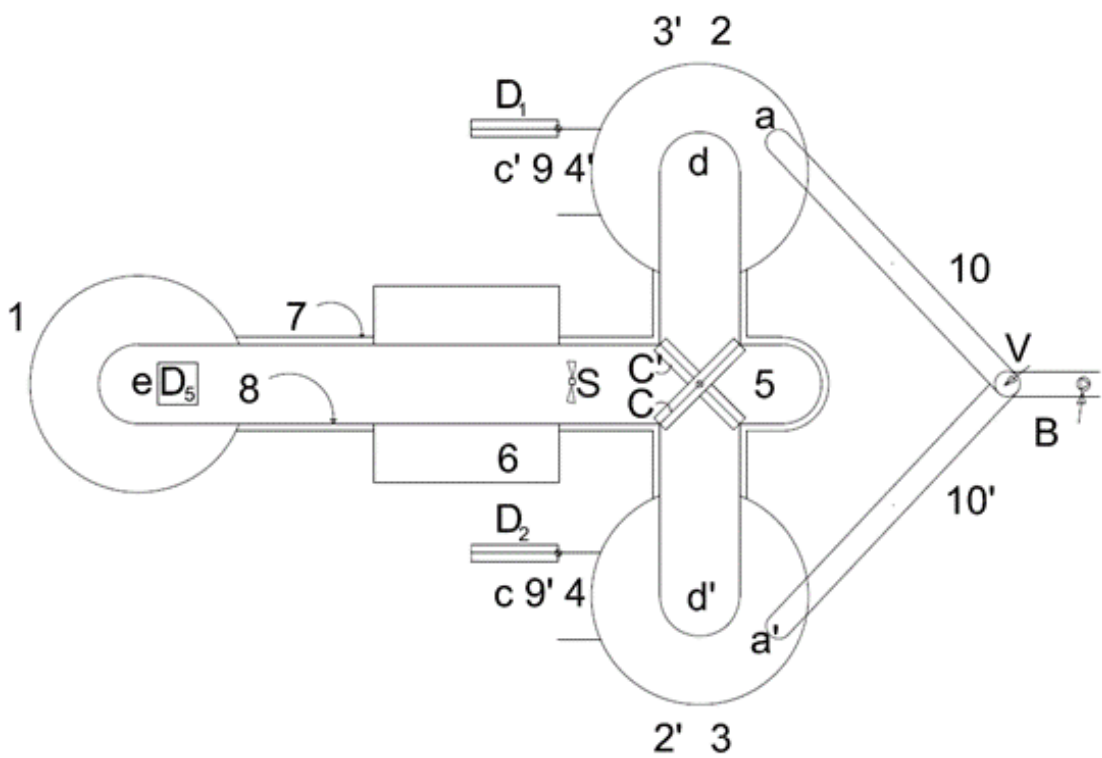


FIGURA 4

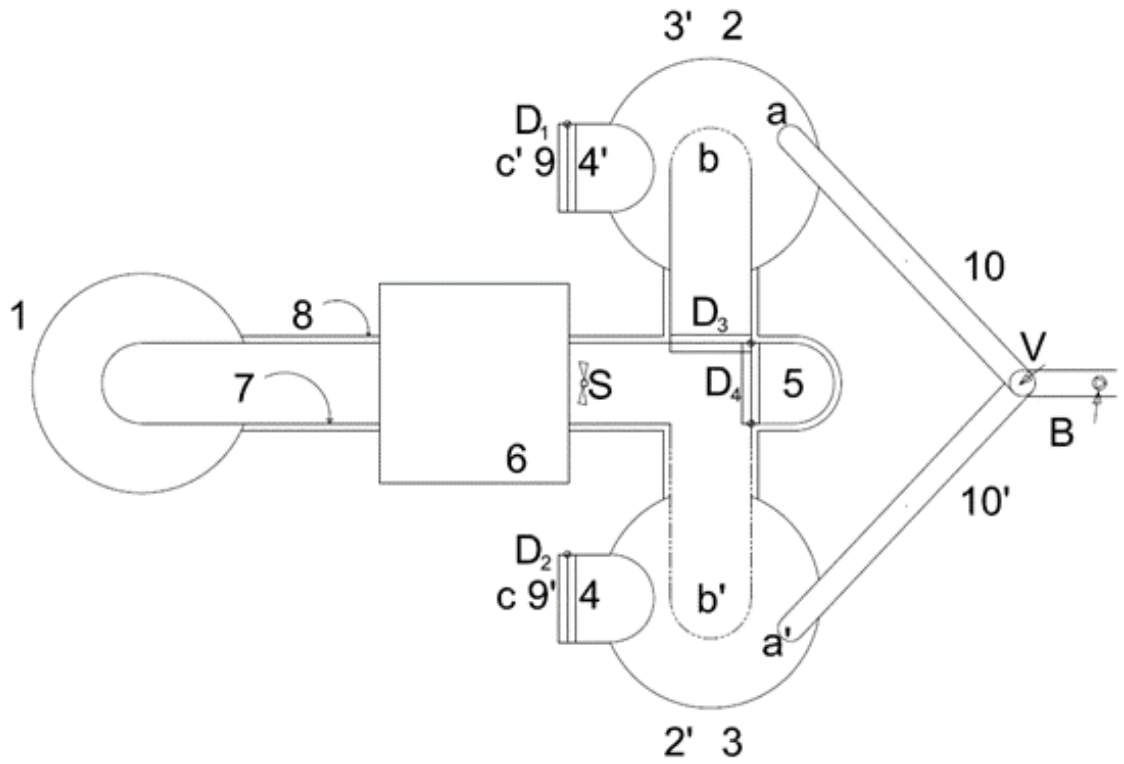


FIGURA 7