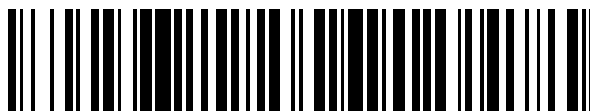


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 471**

51 Int. Cl.:

**F28D 21/00** (2006.01)

**F28F 27/02** (2006.01)

**G05D 23/13** (2006.01)

**F15D 1/00** (2006.01)

**B01F 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2016 PCT/IB2016/053205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2016 WO16193914**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2016 E 16739551 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 3303968**

54 Título: **Proceso para uniformizar la temperatura de un líquido**

30 Prioridad:

**03.06.2015 IT UB20151200**

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

**06.04.2020**

73 Titular/es:

**DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.P.A.  
(100.0%)  
Via Nazionale 41  
33042 Buttrio, IT**

72 Inventor/es:

**BERTOLISSIO, ARRIGO y  
MAGRIS, FRANCESCO**

74 Agente/Representante:

**RUO , Alessandro**

ES 2 752 471 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

Proceso para uniformizar la temperatura de un líquido

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a un proceso para uniformizar la temperatura de un líquido que tiene una temperatura variable a lo largo del tiempo.

10 **Antecedentes de la técnica**

[0002] Se conocen procesos industriales en los que uno de los productos secundarios es un fluido, normalmente a alta temperatura. Con el fin de aprovechar la energía almacenada en el fluido procedente de un proceso, se utilizan comúnmente intercambiadores de calor u otros dispositivos para la recuperación de energía, en particular para la absorción y el aprovechamiento del calor.

[0003] En procesos industriales discontinuos, la temperatura del fluido en la salida es variable a lo largo del tiempo, normalmente con altas fluctuaciones de temperatura, lo que hace que los dispositivos de recuperación de energía sean inutilizables o poco eficientes. En tales procesos discontinuos, el fluido, que puede ser aire, agua, sales fundidas u otro, se alimenta comúnmente a un tanque de almacenamiento para uniformizar su temperatura tanto como sea posible. El fluido procedente del tanque se transporta a los dispositivos de recuperación de energía o a otros servicios. Tal sistema de tanque de compensación se muestra en los documentos EP 2 619 334 B1 y DE 10 2009 009 407 A1 para aplicaciones industriales y en la patente de Estados Unidos 2010/0195991 A1 para aplicaciones domésticas.

[0004] Sin embargo, la eficiencia de tales tanques es limitada. De hecho, mientras disminuye la altura de los picos de temperatura del fluido, la fluctuación de la temperatura del fluido a lo largo del tiempo sigue siendo de considerable entidad. Mediante un proceso de uniformización convencional de este tipo, el fluido puede alimentarse solo por servicios complejos y/o grandes. Además, en los procesos de uniformización tradicionales, para obtener fluctuaciones de temperatura relativamente bajas, es necesario utilizar tanques grandes. En particular, cuanto mayor sean las fluctuaciones de temperatura del fluido en la entrada del tanque, mayor será el tamaño del tanque; también es necesario tener una gran distancia entre la entrada y la salida del tanque, para no afectar a la temperatura del fluido en la salida. Un ejemplo de un proceso discontinuo es la producción de acero mediante horno de arco eléctrico, donde la cantidad de calor disipado de los humos salientes es muy grande y la alta variabilidad de las temperaturas y de los caudales de los humos, debido al proceso de producción altamente intermitente, hace que las tecnologías de recuperación utilizadas no puedan llevar a cabo grandes recuperaciones de energía. En particular, al observar la tendencia de la temperatura del agua extraída de un sistema de recuperación de calor, asociada al ciclo de fusión del acero en un horno de arco eléctrico y alimentada a un tanque de almacenamiento, los picos de alta temperatura del agua son claramente visibles. Sin embargo, de manera desventajosa, la fluctuación de temperatura del agua procedente del tanque de almacenamiento sigue siendo considerable.

[0005] Otros ejemplos de procesos altamente discontinuos son los procesos asociados con los crematorios, los procesos del oxígeno básico BOF y la producción de refractarios.

[0006] Por lo tanto, se siente la necesidad de proporcionar un proceso para uniformizar la temperatura de un líquido procedente de un proceso industrial discontinuo que sea más eficiente en comparación con los procesos de la técnica anterior. También se siente la necesidad de un tanque de almacenamiento para uniformizar la temperatura de un líquido, procedente de un proceso industrial discontinuo que pueda utilizarse con dicho proceso, que sea de menor tamaño en comparación con los tanques conocidos, que no requiera revestimientos aislantes costosos y que permite una uniformización de la temperatura eficiente.

**Sumario de la invención**

[0007] Un objetivo principal de la presente invención es proporcionar un proceso que permita uniformizar, o controlar, la temperatura de un líquido procedente, a través de un conducto, preferentemente de un proceso industrial discontinuo, reduciendo así en gran medida las fluctuaciones de la misma

[0008] Un ejemplo de un proceso discontinuo es la producción de acero mediante horno de arco eléctrico, donde la cantidad de calor disipado de los humos salientes es muy grande y, debido al proceso de producción altamente intermitente, se produce una gran variabilidad de las temperaturas y de los caudales de los humos.

[0009] Otros ejemplos de procesos altamente discontinuos son los procesos asociados con los crematorios, los procesos del oxígeno básico BOF y la producción de refractarios.

[0010] Los sistemas alimentados con líquido a temperatura uniforme pueden ser, por ejemplo, sistemas de calentamiento o los mismos sistemas de enfriamiento aguas abajo del tanque de almacenamiento o incluso sistemas

para la producción de energía: el fluido se controla para reducir los picos de temperatura del mismo y, por lo tanto, usar sistemas de enfriamiento más pequeños.

**[0011]** Por lo tanto, se ha implementado un proceso para uniformizar la temperatura de un líquido procedente de un conducto con un caudal total constante  $Q_{tot}$ , teniendo dicha temperatura una tendencia periódica a lo largo del tiempo definida por una primera forma de onda, en el que se proporciona un tanque, que define un eje longitudinal, que tiene una zona inferior y una zona superior, y provisto de al menos dos entradas dispuestas en sucesión entre la zona inferior y la zona superior, con una primera entrada proximal a la zona superior y una n-ésima entrada proximal a la zona inferior, y provisto de al menos una salida dispuesta entre la primera entrada y la zona superior, en el que dichas al menos dos entradas están conectadas a dicho conducto con un caudal total constante ( $Q_{tot}$ ) y en el que cada entrada está dispuesta a una distancia predeterminada de la siguiente a lo largo de dicho eje longitudinal, comprendiendo dicho proceso, de acuerdo con la reivindicación 1, las etapas de:

- a) descomponer la primera forma de onda en al menos dos ondas sinusoidales, cada una con su respectivo semiperiodo  $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 \dots A_k$ , con  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3 > \dots \Delta t_k$ ;
- b) llevar a cabo una primera suma de la primera forma de onda con una segunda forma de onda igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a esta última un primer semiperiodo  $\Delta t_1$  de una primera onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales;
- c) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa b) es constante o variable en el tiempo dentro de un intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo dos entradas y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas dos entradas para que los caudales parciales respectivos sean iguales a  $Q_2=Q_1=Q_{tot}/2$ ; de lo contrario
- d) llevar a cabo una segunda suma de una tercera forma de onda, obtenida a partir de la primera suma, con una cuarta forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2$ , definido por la suma de dicho primer semiperiodo  $\Delta t_1$  y de un segundo semiperiodo  $\Delta t_2$  de una segunda onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales;
- e) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa d) es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo tres entradas y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas tres entradas para que los caudales parciales respectivos sean iguales a  $Q_1=Q_{tot}/2$  y  $Q_3=Q_2=Q_{tot}/2^2$ ; de lo contrario
- f) llevar a cabo una tercera suma de una quinta forma de onda, obtenida a partir de la segunda suma, con una sexta forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3$ , definido por la suma de dicho primer semiperiodo  $\Delta t_1$ , de dicho segundo semiperiodo  $\Delta t_2$  y de un tercer semiperiodo  $\Delta t_3$  de una tercera onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales;
- g) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa f) es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo cuatro entradas y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas cuatro entradas para que los caudales parciales respectivos sean iguales a  $Q_1=Q_{tot}/2$ ,  $Q_2=Q_{tot}/2^2$  y  $Q_4=Q_3=Q_{tot}/2^3$ ; de lo contrario
- h) continuar hasta llevar a cabo una (n-1)-ésima suma de una p-ésima forma de onda con una (p+1)-ésima forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3+\dots \Delta t_k$ , donde  $\Delta t_k$  es un k-ésimo semiperiodo de una k-ésima onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales, con  $k=(p+1)/2$ ; y proporcionar un tanque provisto de "n" entradas que distribuyen el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas "n" entradas para que los caudales parciales respectivos sean iguales a  $Q_i=Q_{tot}/2^i$ , con  $i=1, \dots n-1$  y con  $Q_n=Q_{n-1}=Q_{tot}/2^{(n-1)}$ .

**[0012]** Ventajosamente, el proceso de acuerdo con la invención permite obtener una uniformización particularmente eficiente de la temperatura del líquido procedente del tanque, proporcionando una tendencia de la temperatura del líquido a lo largo del tiempo que es constante o aproximadamente constante a lo largo del tiempo, es decir, sin grandes fluctuaciones.

**[0013]** Una ventaja adicional del proceso de acuerdo con la invención es que el efecto de uniformizar la temperatura del líquido se logra en un tiempo más corto en comparación con los procesos de la técnica anterior.

**[0014]** Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un tanque de almacenamiento para uniformizar, mediante el proceso mencionado anteriormente, la temperatura de un líquido procedente de un conducto con un caudal total constante  $Q_{tot}$ , teniendo dicha temperatura una tendencia periódica a lo largo del tiempo definida por una primera forma de onda. El tanque define un eje longitudinal, tiene una zona inferior y una zona superior, está provisto de al menos dos entradas dispuestas en sucesión entre la zona inferior y la zona superior, con una primera entrada proximal a la zona superior y una n-ésima entrada proximal a la zona inferior, y está provista de al menos una salida dispuesta entre la primera entrada y la zona superior, y en el que cada entrada está dispuesta a una distancia predeterminada de la siguiente a lo largo de dicho eje longitudinal, en el que el número máximo de entradas es igual a (k+1), donde k es el número de ondas sinusoidales en las que se descompone dicha primera forma de onda.

**[0015]** El líquido utilizado en el proceso de la invención puede ser agua, sales fundidas, aceites u otro tipo de líquido común en este tipo de sistemas.

**[0016]** Ventajosamente, el tanque de acuerdo con la invención permite una uniformización eficiente de la temperatura de un fluido procedente de un conducto de salida de un proceso industrial discontinuo. Además, debido a la eficiencia del proceso, el tanque de acuerdo con la invención es de menor tamaño, lo que permite una recirculación más rápida del líquido en su interior en comparación con los tanques tradicionales.

5 **[0017]** En otras palabras, el tanque de la invención en función del almacenamiento de energía térmica, amortiguador de la oscilación de temperatura/energía, que actúa como un "volante térmico", y tiene una función de recipiente de expansión.

10 **[0018]** Por lo tanto, entre las ventajas proporcionadas por el proceso de la invención están:

- obtener la uniformización de un líquido a temperatura variable, llevándolo a una temperatura de ingeniería constante o aproximadamente constante,
- obtener una masa térmica inercial para amortiguar las oscilaciones de temperatura,
- 15 – posibilidad de usar un tanque más pequeño y tener menores costos de implementación

**[0019]** Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas de la invención.

### Breve descripción de las figuras

20 **[0020]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente a partir de la descripción detallada de realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de un proceso para uniformizar un líquido y de un tanque para implementar el proceso, mostradas a modo de ejemplo no limitante con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

- 25 La figura 1 muestra un tanque genérico de acuerdo con la invención;  
 La figura 2 muestra un primer tanque de acuerdo con la invención;  
 La figura 3 muestra la tendencia de la temperatura de un líquido en la entrada al tanque de la figura 2;  
 La figura 4 muestra dos ondas básicas de la tendencia de la temperatura de la figura 3;  
 30 La figura 5 muestra una primera mezcla de acuerdo con el proceso de la invención;  
 La figura 6 muestra una segunda mezcla de acuerdo con el proceso de la invención;  
 La figura 7 muestra un segundo tanque de acuerdo con la invención;  
 La figura 8 muestra la tendencia de la temperatura de un líquido en la entrada al tanque de la figura 7;  
 La figura 9 muestra dos ondas básicas de la tendencia de la temperatura de la figura 8;  
 35 La figura 10 muestra una mezcla de acuerdo con el proceso de la invención.

**[0021]** Los mismos números de referencia en las figuras identifican los mismos elementos o componentes.

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

40 **[0022]** Con referencia a las Figuras, se describe un proceso que permite uniformizar o controlar la temperatura de un líquido, como el agua, procedente de un conducto, preferentemente aguas abajo de un proceso industrial discontinuo, es decir, un proceso que permite hacer que la tendencia de la temperatura de dicho líquido a la salida de un tanque de almacenamiento sea constante o aproximadamente constante a lo largo del tiempo. La tendencia de la temperatura del líquido procedente del proceso industrial discontinuo es, en cambio, una tendencia periódica que tiene varios picos de alta temperatura.

**[0023]** El proceso de acuerdo con la invención incluye un tanque 100 que tiene una zona superior 12 y una zona inferior 11. El tanque 100 está provisto de al menos dos entradas 1, 2 y de una salida 9.

50 **[0024]** En un tanque con "n" entradas, con  $n \geq 2$ , las entradas 1,... i,... n están dispuestas en sucesión a diferentes alturas entre la zona inferior 11 y la zona superior 12. Cada entrada 1,...i,... n, define un nivel. Por convención, las entradas se indican con números de referencia que aumentan en una dirección desde la zona superior 12 hacia la zona inferior 11, de modo que la entrada proximal a la zona superior 12 se indica con el número de referencia 1 y la entrada proximal a la zona inferior 11 se indica con el número de referencia "n". Por convención, la letra "i" indica una entrada genérica i colocada entre la entrada 1 y la entrada n. Por convención, la entrada n-1 es la entrada inmediatamente superior a la entrada n; la entrada n-2 es la entrada inmediatamente superior a la entrada n-1, y así sucesivamente. La salida 9 se coloca entre la entrada 1 y la zona superior 12.

60 **[0025]** A través de las entradas 1,... i,... n, el líquido aguas abajo del proceso industrial discontinuo alimenta al tanque 100, y a través de la salida 9, el líquido se alimenta a un servicio, como un intercambiador de calor. El número "n" de entradas corresponde a los "n" flujos de líquido que entran en el tanque 100. En particular, el líquido entra en el tanque 100 al mismo tiempo a través de las n entradas. La idea que subyace en la presente invención es la de mezclar los n flujos de líquido que entran en el tanque 100 en los diferentes niveles, con una tendencia de temperatura que está desfasada en tiempo. Preferentemente, los flujos de temperatura discontinuos que entran en n

niveles diferentes se mezclan en oposición de fase.

5 **[0026]** El tanque 100, sustancialmente cilíndrico, tiene un área predeterminada A de la sección transversal tomada a lo largo de un plano ortogonal al eje longitudinal del tanque. En una variante preferida, el tanque 100, que define un eje longitudinal, tiene un tramo central cilíndrico con un diámetro predeterminado “d” y un área A de su sección transversal, mientras que la zona inferior 11 y la zona superior 12 tienen, por ejemplo, una forma de tapa esférica.

10 **[0027]** Mediante el proceso de la invención, es posible determinar el número de entradas de tanque requeridas para uniformizar satisfactoriamente la temperatura del líquido procedente de un proceso industrial discontinuo, y el caudal de líquido introducido en el tanque por medio de cada entrada.

**[0028]** El proceso de la invención también permite determinar la distancia entre una entrada y la entrada inmediatamente siguiente.

15 **[0029]** En el proceso de la invención, se proporciona una etapa en la que la tendencia periódica de la temperatura del líquido que entra al tanque 100 se analiza y se descompone en al menos dos ondas sinusoidales aplicando el teorema de Fourier, que establece que cualquier señal periódica puede descomponerse en la suma de un posible término constante y de señales sinusoidales, de las cuales la primera señal, que tiene el mismo período, y la misma frecuencia de la señal periódica considerada, se llama primer armónico o fundamental, y las otras señales, que tienen períodos submúltiplos y, por lo tanto, frecuencias múltiples, se denominan armónicos superiores.

20 **[0030]** Una onda representativa de la tendencia periódica de la temperatura del líquido, aguas abajo de un proceso industrial discontinuo, que se alimenta al tanque 100, puede, de hecho, descomponerse en una suma de ondas sinusoidales, también conocidas como ondas básicas, que tienen cada una un semiperiodo respectivo  $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots \Delta t_k$ , donde preferentemente  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3, \dots > \Delta t_k$ .

30 **[0031]** De acuerdo con la invención, considerando un caudal total constante  $Q_{tot}$ , aguas abajo de un proceso industrial discontinuo y en la entrada al tanque 100 de la invención, dicho caudal total  $Q_{tot}$  se distribuye entre las entradas 1,... i,... n en caudales parciales, a través de válvulas de ajuste dispuestas a lo largo de las líneas de entrada al tanque 100, de acuerdo con las siguientes relaciones:  
 $Q_i = Q_{tot}/2^i$ , con la excepción del caudal  $Q_n$  que es igual al caudal  $Q_{n-1} = Q_{tot}/2^{(n-1)}$  donde:

- 35  $Q_n$  es el caudal parcial de la entrada n proximal a la zona inferior 11;  
 $Q_{n-1}$  es el caudal parcial de la entrada n-1 que está inmediatamente por encima de la entrada n; y  
 $Q_i$  es el caudal parcial de cada una de las entradas restantes yo.

40 **[0032]** Esta distribución permite obtener la media ponderada de las temperaturas en cada entrada. Cada caudal parcial se utiliza para calcular la velocidad creciente  $v_i$  del líquido en el tanque 100 hacia la zona superior 12, comenzando desde la entrada i-ésima. Se utilizan las siguientes relaciones:

$$v_i = \frac{\sum_{k=i}^n Q_k}{A}$$

donde  $v_i$ =velocidad creciente empezando por la i-ésima entrada.

45 **[0033]** Por lo tanto, la distancia entre una entrada y la siguiente a lo largo del eje longitudinal del tanque se determina de acuerdo con:

- 50 – los semiperiodos  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \Delta t_k$  de las ondas sinusoidales en las que se ha descompuesto la tendencia periódica de la temperatura del líquido en la entrada del tanque,  
 – las velocidades  $v_i$ .

**[0034]** En este contexto, el semiperiodo de una onda es el intervalo de tiempo entre un valle y la siguiente cresta de la onda, en particular entre la temperatura mínima y la temperatura máxima posterior de cada onda.

55 **[0035]** La distancia entre cada entrada y la siguiente se calcula mediante las relaciones:

$$h_{n-1} = v_n \cdot \Delta t_1; h_{n-2} = (v_{n-1}) \cdot \Delta t_2;$$

60 y así sucesivamente, donde

- $h_{n-1}$ =distancia entre la entrada n y la entrada n-1  
 $h_{n-2}$ =distancia entre la entrada n-1 y la entrada n-2, y así sucesivamente,

y donde:

$\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 \dots \Delta t_k$  son los semiperiodos de las ondas en las que se ha descompuesto la tendencia periódica de la temperatura del líquido en la entrada al tanque, en los que preferentemente  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3 \dots A_k$ .

- 5 **[0036]** Preferentemente, la onda sinusoidal que tiene el mayor semiperiodo  $\Delta t_1$  es también la onda sinusoidal que tiene la mayor diferencia  $\Delta t$  entre la temperatura máxima y la temperatura mínima, en comparación con las otras ondas sinusoidales en las que se ha descompuesto la forma de onda periódica que representa la tendencia de la temperatura del líquido procedente del proceso industrial.
- 10 **[0037]** De acuerdo con el proceso de la invención, el líquido entra en el tanque 100 a través de las “n” entradas en el instante, con una cierta tendencia de su temperatura a lo largo del tiempo. Utilizando las distribuciones anteriores del caudal total  $Q_{tot}$ , y calculando las distancias  $h$  entre las entradas, se proporciona un tanque en el que se obtiene una mezcla del líquido a diferentes niveles, comenzando desde la zona inferior 11, con una tendencia de temperatura que está desfasada en tiempo. En particular, de acuerdo con la invención, en el instante “ $t_0 + \Delta t_1$ ” un líquido a temperatura baja o alta que había entrado en el instante  $t_0$  alcanza la altura de la entrada inmediatamente siguiente y en el instante “ $t_0 + \Delta t_1$ ” entra el líquido a temperatura alta o baja. De esta manera, aprovechando la diferencia de tiempo de los flujos que se mezclan en el tanque 100, se obtiene ventajosamente una amortiguación de la tendencia de la temperatura, hasta alcanzar una tendencia de la temperatura del líquido procedente del tanque 100 que es constante o casi constante a lo largo del tiempo, dentro de un intervalo predeterminado de temperatura.
- 15 **[0038]** Preferentemente, el tanque 100 está provisto de una primera zona interna 8 para recircular el líquido en fase líquida y de una segunda zona interna 7 para contener adecuadamente el gas producido por la fase líquida. De esta manera, el tanque 100 está provisto de un recipiente de expansión para gestionar la presión en su interior, en presencia de líquidos a temperatura variable.
- 20 **[0039]** Ventajosamente, no es necesario que la salida 9 se coloque a una distancia específica de cada entrada 1, ... i, ... n, en particular desde la primera entrada 1.
- 30 **[0040]** Se observa que, en este contexto, una entrada y/o salida puede ser un conducto, una boquilla, un difusor u otros medios conocidos por un experto en la materia.
- [0041]** Además, aunque el área  $A$  en los ejemplos proporcionados es sustancialmente constante en todo el tanque 100, al menos a lo largo del tramo cilíndrico central, un tanque que tiene un área variable  $A$  no queda fuera del alcance de la presente invención.
- 35 **[0042]** De acuerdo con una realización alternativa, cada nivel del tanque puede estar provisto de dos o más entradas y/o de una pluralidad de salidas.
- 40 **[0043]** Alternativamente, cada nivel del tanque puede estar provisto de un sistema de distribución de líquido adecuado, a través de las porciones de la pared lateral del tanque.
- [0044]** De acuerdo con otra variante de la invención, se pueden proporcionar una sola entrada y una pluralidad de salidas; por ejemplo, el líquido de salida puede obtenerse extrayéndose de una u otra salida del tanque dependiendo de la temperatura del líquido en la entrada. Las lógicas de extracción adecuadas permiten obtener el líquido final deseado (como a una temperatura constante).
- 45 **[0045]** De acuerdo con una realización adicional, se proporciona que el tanque pueda estar provisto de una pluralidad de entradas y de una pluralidad de salidas.
- 50 **[0046]** El proceso de la invención, que se gestiona mediante un software adecuado, se describe en detalle de aquí en adelante y a continuación se describen algunas realizaciones de ejemplo a modo de ejemplo no limitativo.
- [0047]** Considerando un líquido procedente de un conducto con un caudal total constante  $Q_{tot}$ , con una temperatura que tiene una tendencia periódica en el tiempo definida por una primera forma de onda, el proceso para uniformizar la temperatura objeto de la invención comprende las siguientes etapas:
- 55 a) descomponer dicha primera forma de onda en al menos dos ondas sinusoidales, aplicando el teorema de Fourier, cada una con su respectivo semiperiodo  $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 \dots \Delta t_k$ , con  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3 \dots \Delta t_k$ ;
- 60 b) llevar a cabo una primera suma de la primera forma de onda con una segunda forma de onda igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última por un primer semiperiodo  $\Delta t_1$  de una primera onda sinusoidal;
- c) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa b) es constante o variable en el tiempo dentro de un intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo dos entradas 1, 2 (figura 7) y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas dos entradas para que los caudales parciales respectivos  $Q_1, Q_2$  sean iguales a  $Q_2 = Q_1 = Q_{tot}/2$ ; de lo contrario
- 65

d) llevar a cabo una segunda suma de una tercera forma de onda, obtenida a partir de la primera suma, con una cuarta forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1 + \Delta t_2$ , definido por la suma de dicho primer semiperiodo  $\Delta t_1$  y de un segundo semiperiodo  $\Delta t_2$  de una segunda onda sinusoidal;

5 e) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa d) es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo tres entradas 1, 2, 3 (figura 2) y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas tres entradas para que los caudales parciales respectivos  $Q_1, Q_2, Q_3$  sean iguales a  $Q_1 = Q_{tot}/2$  y  $Q_3 = Q_2 = Q_{tot}/2^2$ ; de lo contrario

10 f) llevar a cabo una tercera suma de una quinta forma de onda, obtenida a partir de la segunda suma, con una sexta forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$ , definido por la suma de dicho primer semiperiodo  $\Delta t_1$ , de dicho segundo semiperiodo  $\Delta t_2$  y de un tercer semiperiodo  $\Delta t_3$  de una tercera onda sinusoidal;

15 g) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa f) es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo cuatro entradas 1, 2, 3, 4 ( $n=4$ ) y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas cuatro entradas para que los caudales parciales respectivos  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  sean iguales a  $Q_1 = Q_{tot}/2, Q_2 = Q_{tot}/2^2$  y  $Q_4 = Q_3 = Q_{tot}/2^3$ ; de lo contrario

20 h) continuar hasta llevar a cabo una  $n$ -ésima suma de una  $p$ -ésima forma de onda, obtenida a partir de una  $(n-1)$ -ésima suma, con una  $(p+1)$ -ésima forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_k$ , donde  $\Delta t_k$  es un  $k$ -ésimo semiperiodo de una  $k$ -ésima onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales, con  $k = (p+1)/2$ ; y proporcionar un tanque provisto de "n" entradas que distribuyen el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas "n" entradas para que los caudales parciales respectivos sean iguales a  $Q_i = Q_{tot}/2^i$ , con  $i=1, \dots, n-1$  y con  $Q_n = Q_{n-1} = Q_{tot}/2^{(n-1)}$ .

25 **[0048]** En un primer caso en el que, aplicando el teorema de Fourier, la primera forma de onda se descompone en una suma de dos ondas sinusoidales, cada una con su respectivo semiperiodo  $\Delta t_1, \Delta t_2$ , con  $\Delta t_1 > \Delta t_2$ , el proceso se detendrá en la etapa c) si la temperatura del líquido, obtenida mediante una primera mezcla entre un líquido representado por la primera forma de onda y un líquido representado por la segunda forma de onda, igual a la primera forma de onda y desfasada con respecto a la última el semiperiodo  $\Delta t_1$ , es constante o variable en el tiempo dentro de un intervalo de temperatura predeterminado, como 20 °C de amplitud o menos. De lo contrario, el proceso  
30 continuará con las etapas d) y e) que conducirán, a través de una segunda mezcla entre un líquido representado por la tercera forma de onda, obtenida de la primera mezcla, y un líquido representado por la cuarta forma de onda, igual a la primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1 + \Delta t_2$ , para un mayor control de la temperatura dentro del tanque.

35 **[0049]** Por lo tanto, en este primer caso, el número de entradas del tanque 100 será igual a dos si la condición de temperatura deseada del líquido en la salida se alcanza después de una sola mezcla. De lo contrario, el número de entradas del tanque 100 será igual a tres y la temperatura del líquido en la salida se reducirá aún más a través de la segunda mezcla mencionada anteriormente.

40 **[0050]** Si, aplicando el teorema de Fourier, la primera forma de onda se descompone en una suma de tres ondas sinusoidales, cada una con su respectivo semiperiodo  $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$  con  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$ , el proceso se detendrá en la etapa c) si la temperatura del líquido, obtenida por la primera mezcla entre un líquido representado por la primera forma de onda y un líquido representado por la segunda forma de onda, igual a la primera forma de onda y desfasada con respecto a la última por el semiperiodo  $\Delta t_1$ , es constante o variable en el tiempo dentro de un  
45 intervalo de temperatura predeterminado, como 20 °C de amplitud o menos. De lo contrario, el proceso continuará con las etapas d) y e) que conducirán, a través de la segunda mezcla entre un líquido representado por la tercera forma de onda, obtenida de la primera mezcla, y un líquido representado por la cuarta forma de onda, igual a la primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1 + \Delta t_2$ , para un mayor control de la temperatura dentro del tanque. El proceso se detendrá en la etapa e) si la temperatura del líquido obtenida por la  
50 segunda mezcla es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado. De lo contrario, el proceso continuará con las etapas f) y g) que conducirán, a través de una tercera mezcla entre un líquido representado por la quinta forma de onda, obtenida de la segunda mezcla, y un líquido representado por la sexta forma de onda, igual a la primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$ , para un mayor control de la temperatura dentro del tanque.

55 **[0051]** Por lo tanto, en este segundo caso, el número de entradas del tanque 100 será:

- igual a dos si la condición de temperatura deseada del líquido en la salida se alcanza después de una sola mezcla;
- 60 – o igual a tres si la condición de temperatura deseada del líquido en la salida se alcanza después de la segunda mezcla;
- o igual a cuatro, con la temperatura del líquido en la salida disminuida aún más por la tercera mezcla.

65 **[0052]** Generalizando, por lo tanto, si aplicando el teorema de Fourier, la primera forma de onda se descompone en una suma de "k" ondas sinusoidales, en la etapa de diseño, el número "n" de entradas del tanque 100 se

selecciona de un valor mínimo igual a dos y un valor máximo igual a (k+1).

**Ejemplo 1**

5 **[0053]** Con referencia a las figuras 2 a 6, consideremos una tendencia en el tiempo de la temperatura de un líquido aguas abajo de un proceso industrial discontinuo representada por la forma de onda 30 (figura 3), en la que la diferencia máxima  $\Delta T_0$  encontrada entre la temperatura máxima y la temperatura mínima es igual a 46,87 °C. El caudal total constante es igual a  $Q_{tot}=450 \text{ m}^3/\text{h}$  y se proporciona el uso de un tanque de almacenamiento 100 que tiene un diámetro de 3 metros. El intervalo de temperatura predeterminado dentro del cual la variación de temperatura del tanque es aceptable es, por ejemplo, igual a 20 °C.

10 **[0054]** La tendencia en el tiempo de la temperatura en la figura 3 se descompone, aplicando el teorema de Fourier, en la suma de dos ondas sinusoidales u ondas básicas 40, 50 (figura 4), cada una con un semiperiodo  $\Delta t_1=10 \text{ min}$  y  $\Delta t_2=5 \text{ min}$ , respectivamente.

15 **[0055]** Se lleva a cabo la suma entre la forma de onda 30 y la forma de onda 31, igual a la forma de onda 30 y desfasada con respecto a la última un tiempo igual al semiperiodo  $\Delta t_1$  de la onda sinusoidal 50 (figura 5). El resultado de esta suma es una forma de onda 60 (figura 5) cuyo perfil es sinusoidal, con la diferencia máxima  $\Delta t_1$  encontrada entre la temperatura máxima y la temperatura mínima reducida a aproximadamente 30 °C. Puesto que la diferencia  $\Delta t_1$  es mayor que 20 °C, se lleva a cabo la suma entre la forma de onda 60 y la forma de onda 32, igual a la forma de onda 30 y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2$ , definida por la suma del semiperiodo  $\Delta t_1$  de la onda sinusoidal 50 y del semiperiodo  $\Delta t_2$  de la onda sinusoidal 40 (figura 6). El resultado de esta suma es una forma de onda 70 (figura 6) cuyo perfil es sinusoidal, con la diferencia máxima  $\Delta T_2$  encontrada entre la temperatura máxima y la temperatura mínima reducida aún más a aproximadamente 15 °C, obteniendo una tendencia en el tiempo en la que el valor promedio de la temperatura del líquido es igual a 200 °C.

25 **[0056]** Por lo tanto, para controlar mejor la temperatura del líquido procedente del proceso industrial, el tanque 100 se hace con tres entradas 1, 2, 3 (figura 2) y el caudal total ( $Q_{tot}$ ) se distribuye en las tres entradas para que los caudales parciales respectivos  $Q_1, Q_2, Q_3$  sean iguales a  $Q_1=Q_{tot}/2$  y  $Q_3=Q_2= Q_{tot}/2^2$ .

30 **[0057]** El caudal parcial que entra en cada entrada y las distancias entre una entrada y la siguiente se determinan de acuerdo con las relaciones descritas anteriormente:

$$Q_1 = Q_{tot}/2 = 225 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_3 = Q_2 = (Q_{tot})/2^2 = 112,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_3 = Q_3/(\pi d^2/4) = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$v_2 = (Q_2 + Q_3)/(\pi d^2/4) = 8,84 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$h_2 = v_3 \cdot \Delta t_1 = 2,65 \text{ m} (\text{distancia entre la entrada 3 y la entrada 2})$$

$$h_1 = v_2 \cdot \Delta t_2 = 2,65 \text{ m} (\text{distancia entre la entrada 2 y la entrada 1})$$

35

**[0058]** Una primera mezcla tiene lugar a la altura de la entrada 2, en la que la onda de temperatura aguas abajo de la temperatura del proceso industrial discontinuo, la forma de onda 30 y la forma de onda 31, que es igual y desfasada  $\Delta t_1$  con respecto a la forma de onda 30, se promedian. Debido a la primera mezcla, la tendencia en el tiempo de la temperatura es una onda sinusoidal, representada por la forma de onda 60, en la que la diferencia  $\Delta T_1$  se reduce a aproximadamente 30 °C. Cuando el líquido alcanza la altura de la entrada 1, se produce una segunda mezcla entre la onda representada por la forma de onda 60 y la forma de onda 32, que es igual y desfasada  $\Delta t_1+\Delta t_2$  con respecto a la forma de onda 30. Debido a la segunda mezcla, la diferencia  $\Delta T_2$  se reduce aún más a aproximadamente 15 °C, obteniendo un valor promedio de la temperatura del líquido igual a 200 °C.

45

**Ejemplo 2**



5 **[0059]** Con referencia a las figuras 7 a 10, consideremos una tendencia en el tiempo de la temperatura del líquido aguas abajo de un proceso industrial discontinuo representada por la forma de onda 35 (figura 8), en la que la diferencia máxima  $\Delta t_0$  encontrada entre la temperatura máxima y la temperatura mínima es igual a aproximadamente 45 °C. El caudal total constante es igual a  $Q_{tot}=450 \text{ m}^3/\text{h}$  y se proporciona el uso de un tanque de almacenamiento 100 que tiene un diámetro de 3 metros. El intervalo de temperatura predeterminado dentro del cual la variación de temperatura del tanque es aceptable es, por ejemplo, igual a 20 °C.

10 **[0060]** La tendencia en el tiempo de la temperatura en la figura 8 se descompone, aplicando el teorema de Fourier, en la suma de dos ondas sinusoidales u ondas básicas 45, 55 (figura 9), cada una con un semiperíodo  $\Delta t_1=15 \text{ min}$  y  $\Delta t_2=5 \text{ min}$ , respectivamente.

15 **[0061]** Se lleva a cabo la suma entre la forma de onda 35 y la forma de onda 36, igual a la forma de onda 35 y desfasada con respecto a la última un tiempo igual al semiperíodo  $\Delta t_1$  de la onda sinusoidal 45 (figura 10). El resultado de esta suma es una forma de onda 37 (figura 10), cuyo perfil es plano, es decir, a una temperatura constante de 200 °C. Dado que la temperatura es constante después de esta sola mezcla, para controlar mejor la temperatura del líquido procedente del proceso industrial, el tanque 100 se hace con dos entradas 1, 2 (figura 7) y el caudal total ( $Q_{tot}$ ) se distribuye entre las dos entradas para que los caudales parciales respectivos  $Q_1, Q_2$  sean iguales a  $Q_1=Q_2=Q_{tot}/2$ .

20 **[0062]** El caudal parcial que entra en cada entrada y las distancias entre una entrada y la siguiente se determinan de acuerdo con las relaciones descritas anteriormente:

$$Q_2 = Q_1 = Q_{tot}/2 = 225 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_2 = Q_2/(\pi d^2/4) = 8,84 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$h_1 = v_2 \cdot \Delta t_1 = 7,96 \text{ m (distancia entre la entrada 2 y la entrada 1)}$$

25 **[0063]** La única mezcla tiene lugar a la altura de la entrada 1, en la que la onda de temperatura aguas abajo de la temperatura del proceso industrial discontinuo, la forma de onda 35 y la forma de onda 36, que es igual y desfasada  $\Delta t_1$  con respecto a la forma de onda 35, se promedian. Debido a esta mezcla, la tendencia a lo largo del tiempo de la temperatura a la salida del tanque 100 es constante. En particular, la tendencia a lo largo del tiempo de la temperatura del líquido que entra a través de las entradas 1 y 2 en el instante  $t_0$  está representada por la onda 35. En el instante  $t_0+\Delta t_1$ , a la altura de la entrada 1, la mezcla tiene lugar entre la onda 35 y la onda 36, que es igual y desfasada  $t_0+\Delta t_1$  con respecto a la onda 35. De esta manera, se produce una mezcla a la altura de la entrada 1, obteniendo así una temperatura del líquido procedente del tanque igual a 200 °C.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso para uniformizar la temperatura de un líquido procedente de un conducto con un caudal total constante ( $Q_{tot}$ ), teniendo dicha temperatura una tendencia periódica a lo largo del tiempo definida por una primera forma de onda,
- 5 en el que se proporciona un tanque (100) que define un eje longitudinal, que tiene una zona inferior (11) y una zona superior (12), provisto de al menos dos entradas dispuestas en sucesión entre la zona inferior (11) y la zona superior (12), con una primera entrada (1) proximal a la zona superior (12) y una n-ésima entrada (n) proximal a la zona inferior (11), y provisto de al menos una salida (9) dispuesta entre primera entrada (1) y la zona superior (12),
- 10 en el que dichas al menos dos entradas están conectadas a dicho conducto con un caudal total constante ( $Q_{tot}$ ) y en el que cada entrada está dispuesta a una distancia predeterminada de la siguiente a lo largo de dicho eje longitudinal.
- comprendiendo dicho proceso las etapas de:
- 15 a) descomponer la primera forma de onda en al menos dos ondas sinusoidales, cada una con su respectivo semiperiodo ( $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 \dots \Delta t_k$ , con  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3 > \dots \Delta t_k$ );
- b) llevar a cabo una primera suma de la primera forma de onda con una segunda forma de onda igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un primer semiperiodo ( $\Delta t_1$ ) de una primera onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales;
- 20 c) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa b) es constante o variable en el tiempo dentro de un intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo dos entradas (1, 2) y distribuir el caudal total  $Q_{tot}$  entre dichas dos entradas para que los caudales parciales respectivos ( $Q_1, Q_2$ ) sean iguales a  $Q_2=Q_1=Q_{tot}/2$ ; de lo contrario
- d) llevar a cabo una segunda suma de una tercera forma de onda, obtenida a partir de la primera suma, con una cuarta forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2$ , definido por la suma de dicho primer semiperiodo ( $\Delta t_1$ ) y de un segundo semiperiodo ( $\Delta t_2$ ) de una segunda onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales;
- 25 e) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa d) es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo tres entradas (1, 2, 3) y distribuir el caudal total ( $Q_{tot}$ ) entre dichas tres entradas para que los caudales parciales respectivos ( $Q_1, Q_2, Q_3$ ) sean iguales a  $Q_1=Q_{tot}/2$  y  $Q_3=Q_2=Q_{tot}/2^2$ ; de lo contrario
- 30 f) llevar a cabo una tercera suma de una quinta forma de onda, obtenida a partir de la segunda suma, con una sexta forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3$ , definido por la suma de dicho primer semiperiodo ( $\Delta t_1$ ), de dicho segundo semiperiodo ( $\Delta t_2$ ) y de un tercer semiperiodo ( $\Delta t_3$ ) de una tercera onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales;
- 35 g) si el perfil de temperatura obtenido en la etapa f) es constante o variable en el tiempo dentro de dicho intervalo de temperatura predeterminado, proporcionar un tanque provisto de solo cuatro entradas (1, 2, 3, 4) y distribuir el caudal total ( $Q_{tot}$ ) entre dichas cuatro entradas para que los caudales parciales respectivos ( $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ ) sean iguales a  $Q_1=Q_{tot}/2, Q_2=Q_{tot}/2^2$  y  $Q_4=Q_3=Q_{tot}/2^3$ ; de lo contrario
- 40 h) continuar hasta llevar a cabo una (n-1)-ésima suma de una p-ésima forma de onda con una (p+1)-ésima forma de onda que es igual a dicha primera forma de onda y desfasada con respecto a la última un tiempo  $\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3+\dots \Delta t_k$ , donde  $\Delta t_k$  es un k-ésimo semiperiodo de una k-ésima onda sinusoidal de dichas al menos dos ondas sinusoidales, con  $k=(p+1)/2$ ; y proporcionar un tanque provisto de "n" entradas que distribuyen el caudal total ( $Q_{tot}$ ) entre dichas "n" entradas para que los caudales parciales respectivos sean iguales a  $Q_i=Q_{tot}/2^i$ , con
- 45  $i=1, \dots n-1$  y con  $Q_n=Q_{n-1}=Q_{tot}/2^{(n-1)}$ .
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que si la primera forma de onda se descompone en una suma de dos ondas sinusoidales, cada una con un semiperiodo respectivo ( $\Delta t_1, \Delta t_2$ , con  $\Delta t_1 > \Delta t_2$ ), el proceso se detiene en la etapa c) o en la etapa e).
- 50 3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que si la primera forma de onda se descompone en una suma de tres ondas sinusoidales, cada una con un semiperiodo respectivo ( $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$  con  $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$ ), el proceso se detiene en la etapa c) o en la etapa e) o en la etapa g).
- 55 4. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número máximo de entradas es igual a (k+1), donde k es el número de ondas sinusoidales en las que se descompone la primera forma de onda.
- 60 5. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tanque (100) es sustancialmente cilíndrico y tiene una sección transversal, a lo largo de un plano ortogonal al eje longitudinal del mismo, que tiene un área predeterminada (A), y la velocidad creciente ( $v_1, \dots v_i, \dots v_n$ ) del líquido dentro del tanque (100), hacia la zona superior (12), está definida por las relaciones:

$$v_i = \frac{\sum_{k=i}^n Q_k}{A}$$

donde  $v_i$ =velocidad creciente empezando por la  $i$ -ésima entrada.

6. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cada entrada ( $i=1 \dots n$ ) está dispuesta a una distancia predeterminada de la siguiente, definiéndose la distancia entre cada entrada por las relaciones:

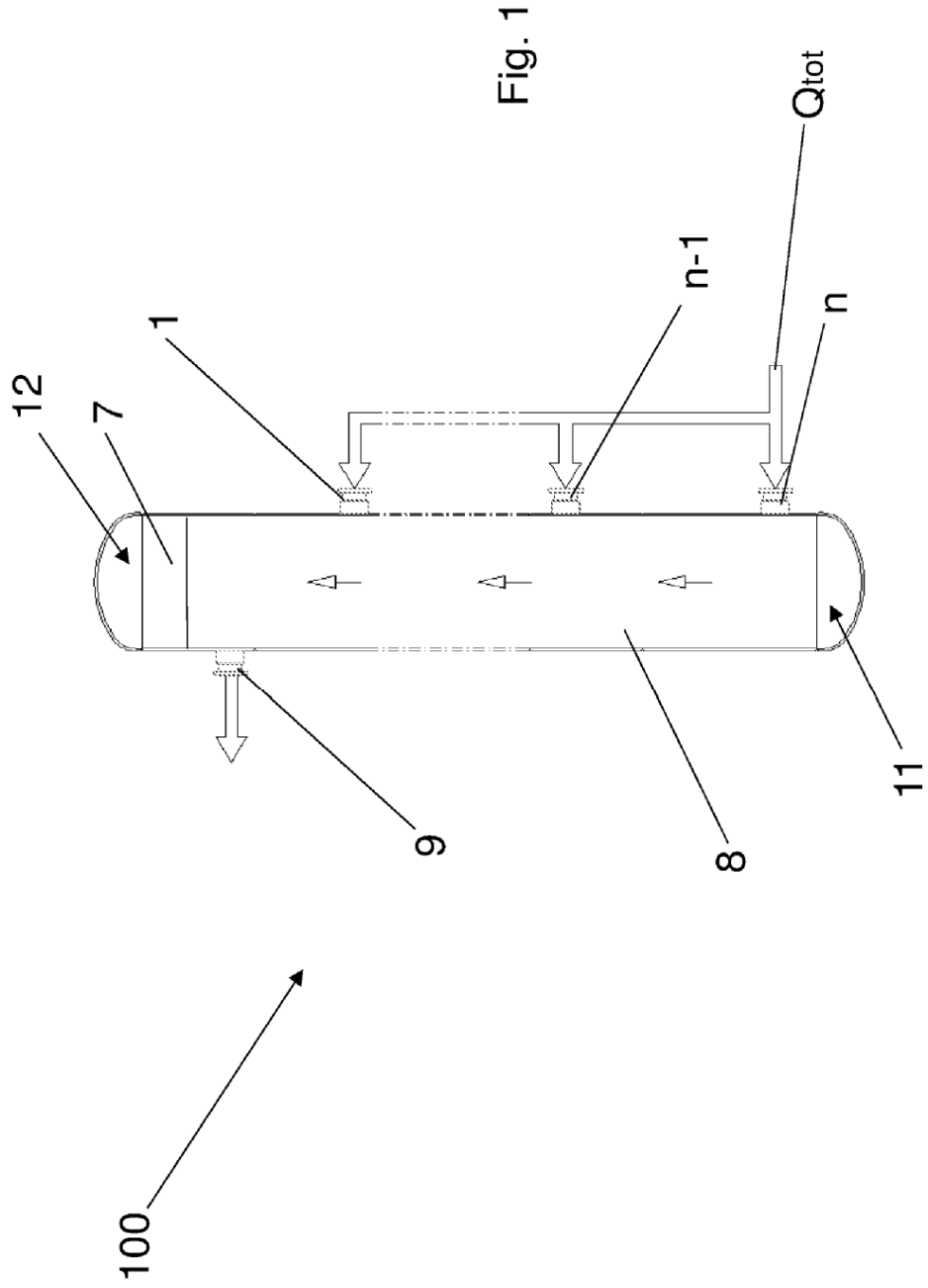
5

$$h_{n-1} = v_n \cdot \Delta t_1; h_{n-2} = (v_{n-1}) \cdot \Delta t_2; \text{ y así sucesivamente}$$

donde:

10

$h_{n-1}$ =distancia entre la  $n$ -ésima entrada ( $n$ ) y la siguiente entrada ( $n-1$ ),  
 $h_{n-2}$ =distancia entre dicha siguiente entrada ( $n-1$ ) y otra siguiente entrada ( $n-2$ ).



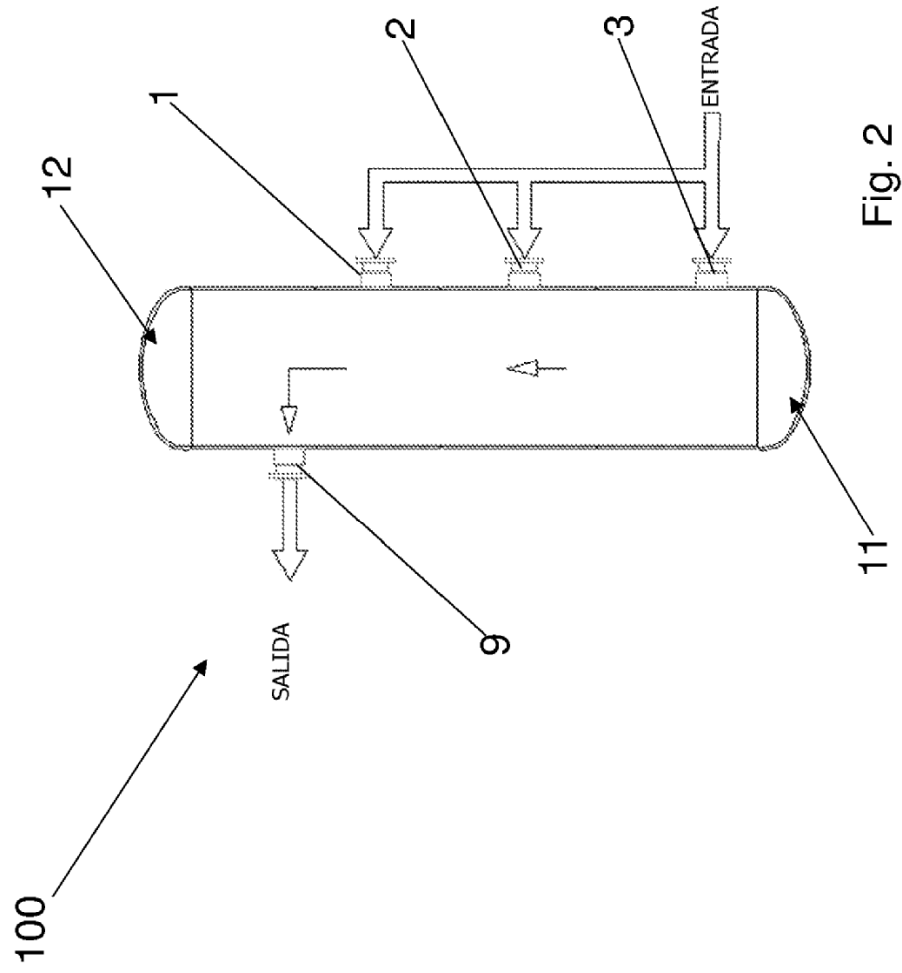


Fig. 2

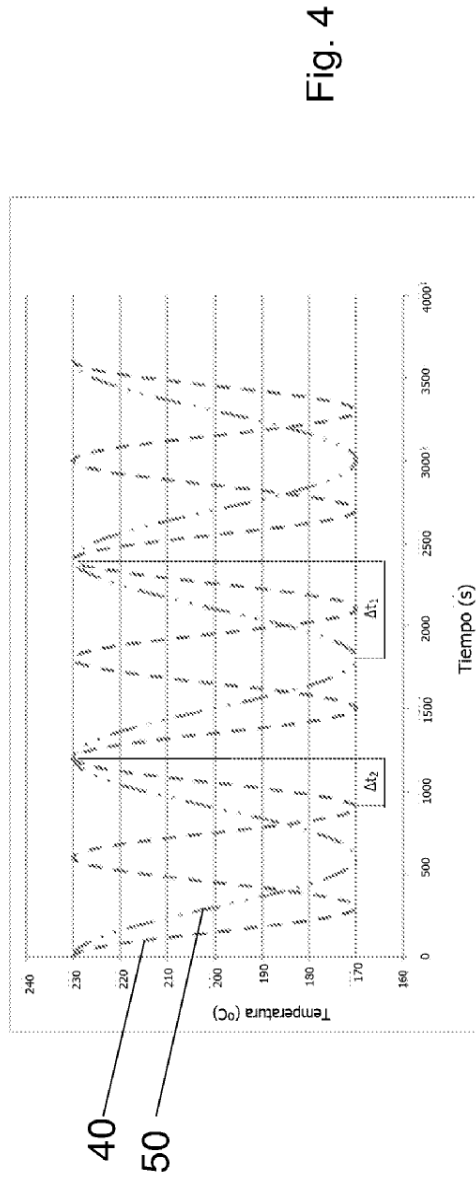
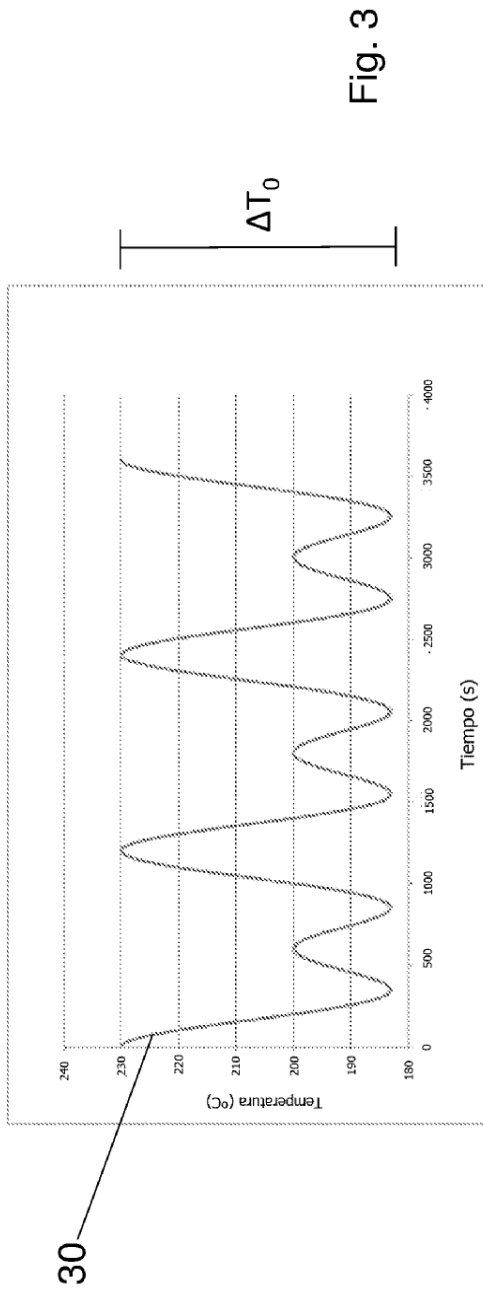
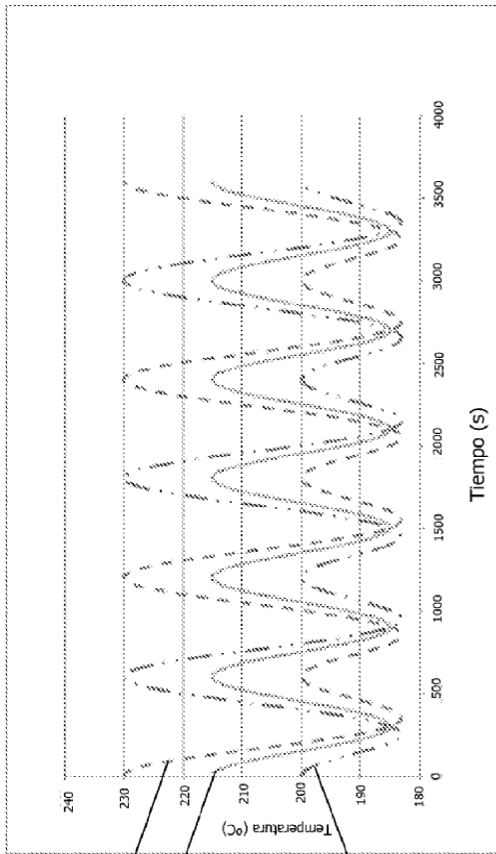


Fig. 5

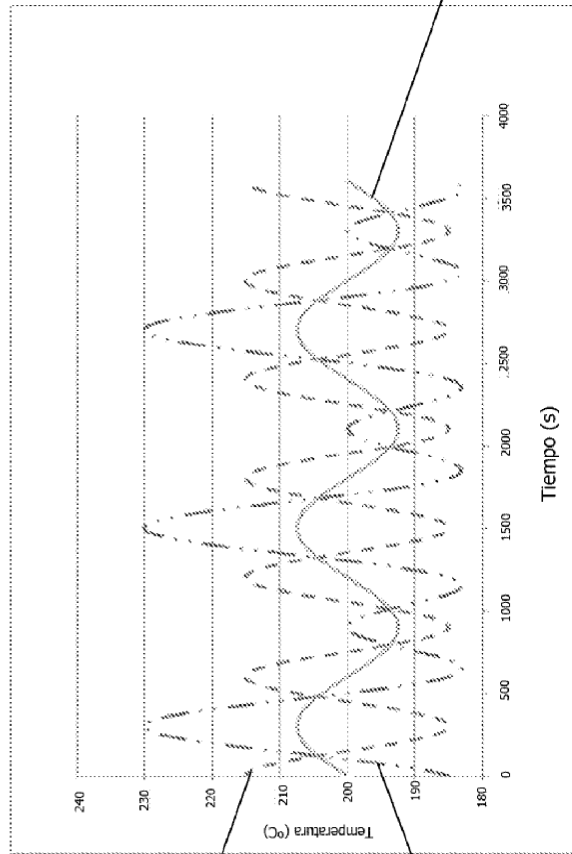


30

60

31

Fig. 6

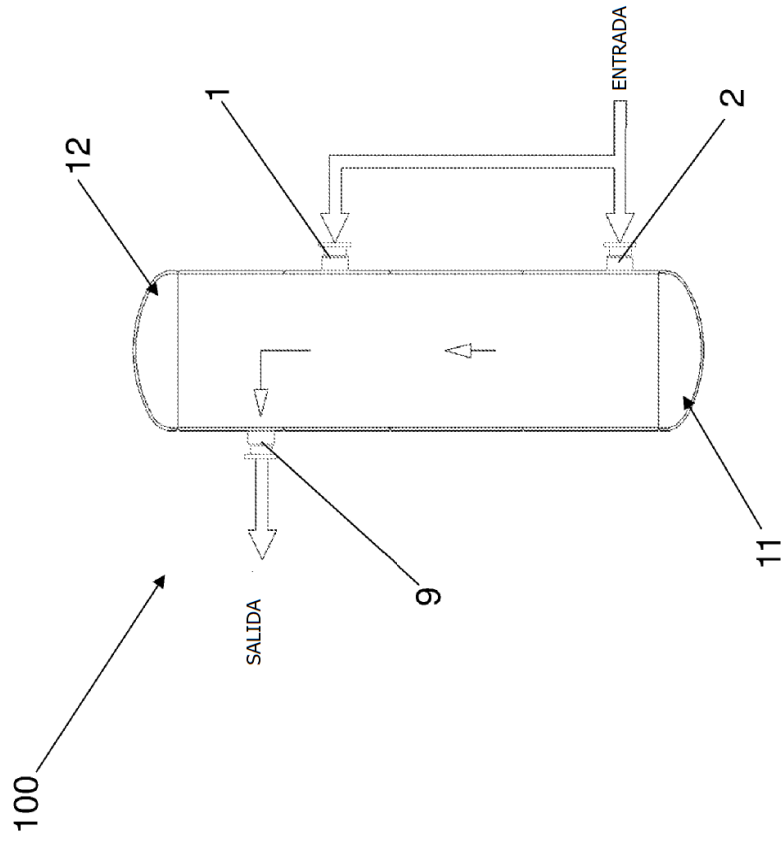


60

32

70

Fig. 7





$\Delta T_d$

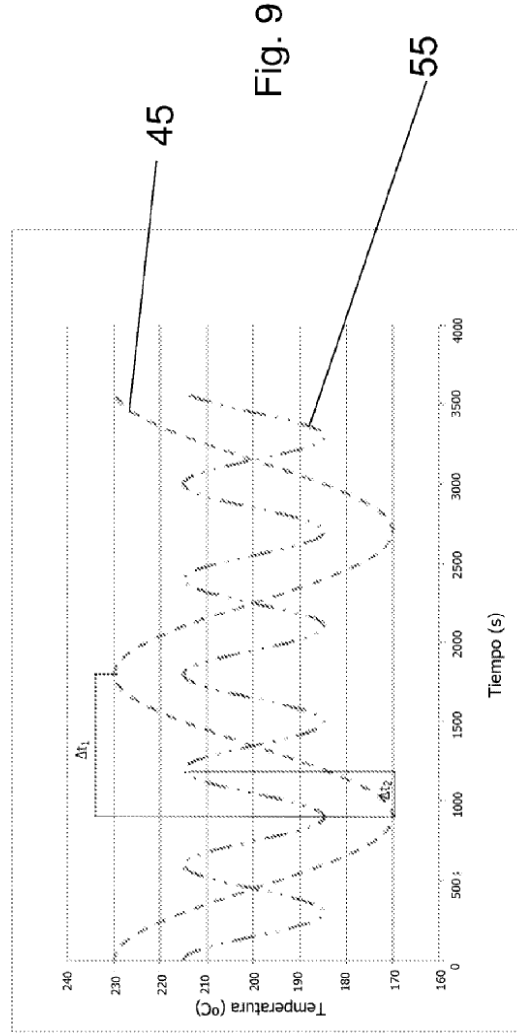
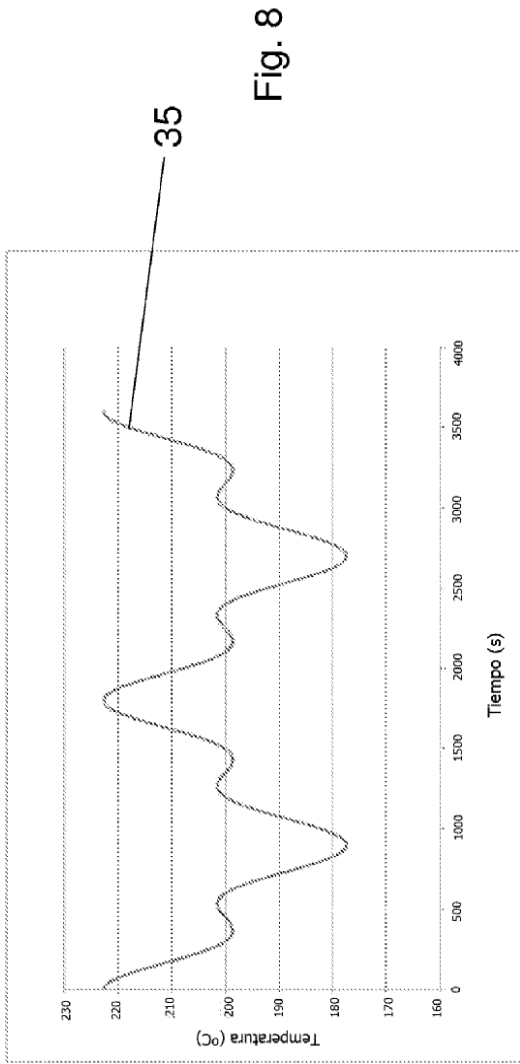


Fig. 10

