



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 301 229**

51 Int. Cl.:  
**F01K 25/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99305850 .2**

86 Fecha de presentación : **23.07.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1070830**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **24.01.2001**

54 Título: **Método y aparato de conversión del calor en energía útil.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.06.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.06.2008**

73 Titular/es: **Exergy, Inc.**  
**22320 Foothill Boulevard, Suite 540**  
**Hayward, California 94541, US**

72 Inventor/es: **Kalina, Alexander, I.;**  
**Pelletier, Richard, I. y**  
**Rhodes, Lawrence B.**

74 Agente: **Gil Vega, Víctor**

ES 2 301 229 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).

# ES 2 301 229 T3

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato de conversión del calor en energía útil.

5 Esta invención se refiere a la implementación de un ciclo termodinámico que convierte calor en una energía útil.

Es posible convertir energía térmica de forma beneficiosa en energía mecánica y, posteriormente, eléctrica. Los métodos para convertir la energía térmica procedente de fuentes de calor de baja temperatura en energía eléctrica representan un área importante de la producción de energía. Es necesario incrementar la eficacia de la conversión del  
10 mencionado calor de baja temperatura en energía eléctrica.

Se puede transformar la energía térmica procedente de una fuente de calor en energía mecánica y, posteriormente, eléctrica, utilizando un fluido de trabajo que se expande y regenera en un sistema cerrado que opera en un ciclo termodinámico. El fluido de trabajo puede incluir componentes con diferentes temperaturas de ebullición y se puede  
15 modificar la composición del fluido de trabajo en diferentes sitios dentro del sistema para mejorar la eficacia de la operación. Se describen sistemas que convierten calor de baja temperatura en energía eléctrica en las patentes estadounidenses de Alexander I. Kalina nº 4.346.561, 4.489.563, 4.982.568 y 5.029.444. Adicionalmente, se describen sistemas con fluidos de trabajo de varios componentes en las patentes estadounidenses de Alexander I. Kalina nº  
20 4.548.043, 4.586.340, 4.604.867, 4.732.005, 4.763.480, 4.899.545, 5.095.708, 5.440.882, 5.572.871 y 5.649.426, las cuales se incorporan a este documento como referencias. Asimismo, en la patente estadounidense US-4573321 se divulga un proceso de múltiples fases para generar energía a partir de una fuente de flujo térmico.

En la patente EP-A-649985 se divulga un generador de energía para producir energía eléctrica a partir de una fuente de alta potencia en vatios y una fuente baja de calor; y  
25

en la patente US-756162 se divulga un método para el uso de energía calorífica sensible suministrada por un fluido de calentamiento de alta temperatura para la generación de energía.

### Resumen de la invención

30 Esta invención se refiere en líneas generales a un método y sistema para la implementación de un ciclo termodinámico.

De conformidad con una modalidad de la invención, se suministra un método para la implementación de un ciclo termodinámico que comprende:  
35

el calentamiento de una corriente de trabajo, que incluye un componente con un punto de ebullición bajo y un componente con un punto de ebullición más alto, con una fuente de calor externo con el fin de proporcionar una corriente de trabajo gaseosa calentada;  
40

la separación de la mencionada corriente de trabajo gaseosa calentada en un primer separador para proporcionar una corriente rica gaseosa calentada que posea una proporción relativamente más alta del mencionado componente con punto de ebullición bajo y una corriente pobre que posea una proporción relativamente más baja del mencionado componente con punto de ebullición bajo;  
45

la expansión de la mencionada corriente rica gaseosa calentada para transformar la energía de la corriente en una energía utilizable y proporcionar una corriente rica agotada y expandida; y

la combinación de la mencionada corriente pobre y la mencionada corriente rica agotada y expandida para proporcionar la mencionada corriente de trabajo;  
50

en el que, después de la mencionada combinación y antes del mencionado calentamiento con la mencionada fuente externa de calor, se condensa la mencionada corriente de trabajo al transferir calor a una fuente de temperatura baja en un primer intercambiador de calor, bombeándose posteriormente la mencionada corriente de trabajo a una presión más alta; y  
55

que también comprende la transferencia, en un segundo intercambiador de calor, del calor de la mencionada corriente de trabajo, antes de que la mencionada corriente de trabajo sea condensada, a la mencionada corriente de trabajo después de que se haya bombeado la corriente de trabajo a la mencionada presión más alta y antes del calentamiento con la mencionada fuente externa de calor.  
60

El método de la invención en algunas modalidades comprende además:

un método para la implementación de un ciclo termodinámico;  
65

la división de la mencionada corriente de trabajo en una primera subcorriente de trabajo y una segunda subcorriente de trabajo, y en el que el mencionado calentamiento de una corriente de trabajo incluye el calentamiento de la primera subcorriente de trabajo con la mencionada fuente externa de calor para proporcionar una primera subcorriente de tra-

## ES 2 301 229 T3

bajo calentada y posteriormente combinar dicha primera subcorriente de trabajo calentada con la mencionada segunda subcorriente de trabajo con el fin de proporcionar la corriente de trabajo gaseosa calentada anteriormente mencionada.

5 De acuerdo con una segunda modalidad de la invención, se proporciona un aparato para implementar un ciclo termodinámico que comprende:

10 un calentador que calienta una corriente de trabajo - incluidos un componente con punto de ebullición bajo y un componente con punto de ebullición más alto - con una fuente de calor externo para proporcionar una corriente de trabajo gaseosa calentada;

15 un primer separador conectado para recibir la mencionada corriente de trabajo gaseosa calentada y producir una corriente rica gaseosa calentada que posea una proporción relativamente más alta del mencionado componente con punto de ebullición bajo y una corriente pobre que posea una proporción relativamente más baja del mencionado componente con punto de ebullición bajo;

20 un expansor que está conectado para recibir la mencionada corriente rica gaseosa calentada, transformar la energía de la corriente a energía utilizable y producir una corriente rica agotada y expandida; y

25 una primera mezcladora de corrientes que está conectada para combinar la mencionada corriente pobre y la mencionada corriente rica agotada y expandida y producir la mencionada corriente de trabajo; la salida de la mencionada mezcladora de corrientes está conectada a la entrada del mencionado calentador;

30 que también comprende un primer intercambiador de calor y una bomba, los cuales están conectados entre la mencionada primera mezcladora de corrientes y el mencionado calentador; el mencionado primer intercambiador de calor condensa la mencionada corriente de trabajo al transferir calor a una fuente de baja temperatura y la mencionada bomba bombea posteriormente dicha corriente de trabajo a una presión más alta; y

35 además comprende un segundo intercambiador de calor conectado para transferir calor desde la mencionada corriente de trabajo, antes de que se condense dicha corriente de trabajo, a la mencionada corriente de trabajo después de que la misma haya sido bombeada a la presión más alta con dicha bomba y antes de que se produzca el calentamiento con la mencionada fuente externa de calor en el mencionado calentador.

El aparato de la invención en algunas modalidades comprende además:

40 un divisor de corrientes conectado para dividir la mencionada corriente de trabajo, después del mencionado bombeado con la bomba y antes del mencionado calentamiento con la fuente externa de calor en el calentador, en una primera subcorriente de trabajo y una segunda subcorriente de trabajo; el mencionado calentador calienta la mencionada primera subcorriente de trabajo para proporcionar una primera subcorriente de trabajo calentada.

45 Las modalidades específicas de la invención pueden incluir una o más de las siguientes características. La corriente de trabajo se condensa mediante la transferencia de calor a una fuente de baja temperatura en un primer intercambiador de calor y posteriormente se bombea a una presión más alta. La expansión tiene lugar en una primera fase de expansión y una segunda fase de expansión, extrayéndose una corriente de fluido parcialmente expandido entre las fases y combinándose con la corriente pobre. Un separador entre las fases del expansor separa un fluido parcialmente expandido en partes de vapor y de líquido; una porción o la totalidad de la parte de vapor es alimentada a la segunda fase y una porción de la parte de vapor puede combinarse con la parte de líquido y combinarse posteriormente con la corriente pobre. Un segundo intercambiador de calor transfiere de forma recuperativa calor desde la corriente de trabajo reconstituida de varios componentes (antes de la condensación) a la corriente de trabajo condensada de varios componentes a una mayor presión. Un tercer intercambiador de calor transfiere calor de la corriente pobre a la corriente de trabajo después del segundo intercambiador de calor. La corriente de trabajo se divide en dos subcorrientes, una calentada con el calor externo y la otra calentada en un cuarto intercambiador de calor con el calor procedente de la corriente pobre; a continuación se combinan las dos corrientes para proporcionar la corriente de trabajo, gaseosa calentada que se separa en el separador.

55 Las modalidades de la invención pueden tener una o más de las siguientes ventajas. Las modalidades de la invención pueden alcanzar una eficacia de conversión de calor de baja temperatura a energía eléctrica que supera la eficacia de los ciclos normales de Rankine.

60 Otras ventajas y características de la invención quedarán aparentes en la siguiente descripción detallada de las modalidades específicas y en las reivindicaciones.

### Breve descripción de los dibujos

65 Los dibujos que se adjuntan y las descripciones de los mismos sirven para ilustrar la invención a través de ejemplos. En los dibujos:

la Figura 1 es un diagrama de un sistema termodinámico que convierte el calor procedente de una fuente de baja temperatura en una energía útil;

## ES 2 301 229 T3

la Figura 2 es un diagrama de otra modalidad del sistema de la Figura 1 que permite que una corriente extraída y una corriente completamente agotada tengan composiciones diferentes de la corriente cargada de alta presión;

la Figura 3 es un diagrama de una modalidad simplificada en la que no existe una corriente extraída;

la Figura 4 es un diagrama de otra modalidad simplificada.

### Descripción detallada de la invención

En la Figura 1 se muestra un sistema para la implementación de un ciclo termodinámico con el fin de obtener energía útil (por ejemplo, energía mecánica y posteriormente eléctrica) a partir de una fuente externa de calor. En el ejemplo descrito, la fuente externa de calor es una corriente de agua de calor residual de baja temperatura que fluye en la trayectoria descrita por los puntos 25-26, a través del intercambiador de calor HE-5, y calienta la corriente de trabajo 117-17 del ciclo termodinámico cerrado. En la Tabla 1 se presentan las condiciones en los puntos numerados que se indican en la Figura 1. En la Tabla 5 se presenta una salida típica del sistema.

La corriente de trabajo del sistema de la Figura 1 es una corriente de trabajo de varios componentes que incluye un componente con un punto de ebullición bajo y un componente con un punto de ebullición alto. Este tipo de corriente de trabajo preferida puede ser una mezcla de amoníaco/agua, dos o más hidrocarburos, dos o más freones, mezclas de hidrocarburos y freones o similares. En general, la corriente de trabajo puede ser mezclas de cualquier número de compuestos con características termodinámicas y solubilidad favorables. En una modalidad especialmente preferida de la invención se utiliza una mezcla de agua y amoníaco. En el sistema que se muestra en la Figura 1, la corriente de trabajo posee la misma composición desde el punto 13 hasta el punto 19.

Iniciaremos el análisis del sistema de la Figura 1 en la salida de la turbina T, haciendo referencia a la corriente en el punto 34 como la corriente rica, agotada y expandida. Esta corriente es considerada “rica” en el componente con punto de ebullición más bajo. La corriente se encuentra a una presión baja y se mezclará con una corriente más pobre y absorbente que posee parámetros como los del punto 12 con el fin de producir la corriente de trabajo de composición intermedia con parámetros como los del punto 13. Se considera que la corriente en el punto 12 es “pobre” en su componente de punto de ebullición más bajo.

A cualquier temperatura determinada, la corriente de trabajo (de composición intermedia) en el punto 13 puede condensarse a una presión más baja que la corriente más rica en el punto 34. Ello permite extraer una cantidad mayor de energía de la turbina T e incrementa la eficacia de este proceso.

La corriente de trabajo en el punto 13 se encuentra parcialmente condensada. Esta corriente se introduce en el intercambiador de calor HE-2, donde se enfría, y sale del intercambiador de calor HE-2 con parámetros como los del punto 29. La corriente se encuentra aún condensada parcialmente, no totalmente. A continuación se introduce en el intercambiador de calor HE-1, donde la corriente 23-24 de agua refrigerante la enfría, condensándola así completamente y llegando a los parámetros del punto 14. A continuación, la corriente de trabajo que posee parámetros como los del punto 14 es bombeada a una presión más alta, alcanzando los parámetros del punto 21. La corriente de trabajo en el punto 21 se introduce después en el intercambiador de calor HE-2, en donde es calentada de forma recuperativa por la corriente de trabajo en los puntos 13-29 (véase más arriba) hasta alcanzar los parámetros del punto 15. La corriente de trabajo que tiene parámetros como los del punto 15 se introduce en el intercambiador de calor HE-3, donde es calentada y alcanza los parámetros del punto 16. En un diseño típico, el punto 16 puede encontrarse precisamente en el punto de ebullición, aunque ello no es imprescindible. La corriente de trabajo en el punto 16 se divide en dos subcorrientes: la primera subcorriente de trabajo (117) y la segunda subcorriente de trabajo (118). Se envía la primera subcorriente de trabajo, que posee parámetros como los del punto 117, al intercambiador de calor HE-5, saliendo de este intercambiador con parámetros como los del punto 17. La fuente externa de calor, corriente 25-26, calienta esta subcorriente. La otra subcorriente, la segunda subcorriente de trabajo (118), se introduce en el intercambiador de calor HE-4, en donde es calentada de forma recuperativa, alcanzando los parámetros del punto 18. Se combinan las dos subcorrientes de trabajo (17 y 18), que han salido de los intercambiadores de calor HE-4 y HE-5, para formar una corriente de trabajo gaseosa y calentada que posee parámetros como los del punto 19. Esta corriente se encuentra en un estado de vaporización parcial o posiblemente completa. En la modalidad preferida, el punto 19 sólo está vaporizado de forma parcial. La corriente de trabajo en el punto 19 posee la misma composición intermedia que se produjo en el punto 13, es completamente condensada en el punto 14, bombeada a alta presión en el punto 21 y precalentada hasta el punto 15 y el punto 16. Esta corriente se introduce en el separador (S), en donde es separada en un vapor saturado rico, denominado la “corriente rica gaseosa calentada” y que posee parámetros como los del punto 30, y un líquido saturado pobre, denominado la “corriente pobre” y que posee parámetros como los del punto 7. La corriente pobre (líquido saturado) en el punto 7 se introduce en el intercambiador de calor HE-4, en donde es enfriada mientras calienta la corriente de trabajo 118-18 (véase más arriba). La corriente pobre en el punto 9 sale del intercambiador de calor HE-4 con parámetros como los del punto 8. Esta corriente se reduce hasta alcanzar una presión elegida adecuadamente, alcanzando parámetros como los del punto 9.

Si volvemos ahora al punto 30, la corriente rica gaseosa calentada (vapor saturado) sale del separador (S). Esta corriente se introduce en la turbina (T), donde se expande a presiones más bajas, proporcionando energía mecánica útil a la turbina (T) que se utiliza para generar electricidad. Se extrae una corriente parcialmente expandida con parámetros como los del punto 32 de la turbina T a una presión intermedia (aproximadamente la presión del punto 9) y

## ES 2 301 229 T3

se mezcla esta corriente extraída 32 (a la que también se denomina “segunda parte” de una corriente rica parcialmente expandida, habiéndose expandido adicionalmente la “primera parte”) con la corriente pobre en el punto 9 para producir una corriente combinada que posee parámetros como los del punto 10. La corriente pobre que posee parámetros como los del punto 9 actúa como una corriente absorbente para la corriente extraída 32. La corriente resultante (corriente pobre y segunda parte), que posee parámetros como los del punto 10, se introduce en el intercambiador de calor HE-3, en donde se enfría mientras calienta la corriente de trabajo 15-16, hasta llegar a un punto que posee parámetros como los del punto 11. A continuación, la corriente que posee parámetros como los del punto 11 se reduce a la presión del punto 34, alcanzando los parámetros del punto 12.

Si volvemos a la turbina (T), no se extrajo la totalidad del flujo entrante en la turbina en el punto 32 en un estado parcialmente expandido. El resto, al que se denomina la primera parte, se expande hasta alcanzar una presión baja elegida adecuadamente y sale de la turbina (T) en el punto 34, tras lo cual el ciclo se cierra.

En la modalidad de la invención mostrada en la Figura 1, la extracción en el punto 32 posee la misma composición que las corrientes en los puntos 30 y 34. En la modalidad de la Figura 2 se muestra la turbina como una primera fase de turbina (T-1) y una segunda fase de turbina (T-2). La corriente rica parcialmente expandida abandona la fase de presión más alta (T-1) de la turbina en el punto 31. En la Tabla 2 se presentan las condiciones en los puntos numerados que se indican en la Figura 2. En la Tabla 6 se presenta la salida típica del sistema de la Figura 2.

Por lo que respecta a la Figura 2, la corriente rica parcialmente expandida de la primera fase de turbina (T-1) se divide en una primera parte en 33, que se expande adicionalmente en la fase de turbina de presión más baja (T-2), y una segunda parte en 32 que se combina con la corriente pobre en el punto 9. La corriente rica parcialmente expandida se introduce en el separador (S-2), en donde se divide en una parte de vapor y una parte de líquido. Se puede elegir la composición de la segunda parte en 32 para optimizar su eficacia cuando se mezcla con la corriente en el punto 9. El separador (S-2) permite que la corriente (32) sea tan pobre como el líquido saturado a la presión y temperatura obtenidas en el separador (S-2); en ese caso, la corriente 33 sería un vapor saturado en las condiciones obtenidas en el separador (S-2). Si se modifica la cantidad de mezcla en la corriente 133, es posible variar la cantidad de líquido saturado y vapor saturado en la corriente 32.

Por lo que respecta a la Figura 3, esta modalidad se diferencia de la modalidad de la Figura 1 en que se ha omitido el intercambiador de calor HE-4 y no se realiza la extracción de una corriente parcialmente expandida de la fase de turbina. En la modalidad de la Figura 3, la corriente caliente que sale del separador (S) es admitida directamente en el intercambiador de calor HE-3. En la Tabla 3 se presentan las condiciones en los puntos numerados que se indican en la Figura 3. En la Tabla 7 se presenta una salida típica del sistema.

Por lo que respecta a la Figura 4, esta modalidad se diferencia de la modalidad de la Figura 3 en que se omite el intercambiador de calor HE-2. En la Tabla 4 se presentan las condiciones en los puntos numerados que se indican en la Figura 4. En la Tabla 8 se presenta una salida típica del sistema. Aunque al omitir el intercambiador de calor HE-2 se reduce la eficacia del proceso, esta acción puede ser aconsejable desde un punto de vista económico en aquellas circunstancias en las que el aumento de energía que se obtendría no justifica el coste del intercambiador de calor.

En general, se puede utilizar un equipo estándar para realizar el método de esta invención. Por consiguiente, es posible utilizar instrumentos tales como intercambiadores de calor, tanques, bombas, turbinas, válvulas y accesorios del tipo que se utiliza normalmente en ciclos de Rankine para poner en práctica el método de esta invención.

En las modalidades descritas de la invención, el fluido de trabajo se expande para impulsar una turbina de tipo convencional. Sin embargo, se puede realizar la expansión del fluido de trabajo desde un nivel cargado de alta presión a un nivel gastado de baja presión con el fin de producir energía por medio de cualesquiera medios convencionales conocidos por los expertos en este campo. La energía originada de esta manera puede almacenarse o utilizarse de acuerdo con una serie de métodos convencionales conocidos por los expertos en este campo.

Los separadores de las modalidades descritas pueden ser separadores por gravedad convencionales, como por ejemplo tanques de venteo (*flash tanks*) convencionales. Se puede utilizar cualquier aparato convencional para formar dos o más corrientes que posean composiciones diferentes a partir de una sola corriente con el fin de formar la corriente pobre y la corriente enriquecida a partir de la corriente de trabajo de fluido.

El condensador puede ser cualquier tipo de dispositivo de eliminación de calor conocido. Por ejemplo, el condensador puede adoptar la forma de un intercambiador de calor, como un sistema refrigerado por agua u otro tipo de dispositivo de condensación.

Se pueden utilizar diferentes tipos de fuentes de calor para propulsar el ciclo de esta invención.

# ES 2 301 229 T3

TABLA 1

| Nº  | PpsiA<br>(Mpa)   | X      | T °F (°C)        | HBTU/lb<br>(KJ/kg) | G/G30  | Flujo lb/h<br>(kg/h)     | Fase              |
|-----|------------------|--------|------------------|--------------------|--------|--------------------------|-------------------|
| 7   | 325,22<br>(2,24) | 0,5156 | 202,81<br>(94,9) | 82,29<br>(191,4)   | 0,5978 | 276.778<br>(125.544)     | Líquido saturado  |
| 8   | 305,22<br>(2,10) | 0,5156 | 169,52<br>(76,4) | 44,55<br>(103,6)   | 0,5978 | 276.778<br>(125.544)     | Líquido 28°       |
| 9   | 214,26<br>(1,48) | 0,5156 | 169,50<br>(76,4) | 44,55<br>(103,6)   | 0,5978 | 276.778<br>(125.544)     | Humedad<br>0,9997 |
| 10  | 214,26<br>(1,48) | 0,5533 | 169,52<br>(76,4) | 90,30<br>(210,0)   | 0,6513 | 301.549<br>(136.780)     | Humedad<br>0,9191 |
| 11  | 194,26<br>(1,34) | 0,5533 | 99,83<br>(37,7)  | -29,79<br>(-69,3)  | 0,6513 | 301.549<br>(136.780)     | Líquido 53°       |
| 12  | 85,43<br>(0,59)  | 0,5523 | 99,36<br>(37,5)  | -29,79<br>(-69,3)  | 0,6513 | 301.549<br>(136.780)     | Humedad<br>0,9987 |
| 13  | 85,43<br>(0,59)  | 0,7000 | 99,83<br>(37,6)  | 174,41<br>(405,7)  | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Humedad<br>0,6651 |
| 14  | 84,43<br>(0,58)  | 0,7000 | 72,40<br>(22,4)  | -38,12<br>(-88,7)  | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Líquido saturado  |
| 15  | 350,22<br>(2,41) | 0,7000 | 94,83<br>(34,9)  | -13,08<br>(-30,4)  | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Líquido 73°       |
| 16  | 335,22<br>(2,31) | 0,7000 | 164,52<br>(73,6) | 65,13<br>(151,5)   | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Líquido saturado  |
| 117 | 335,22<br>(2,31) | 0,7000 | 164,52<br>(73,6) | 65,13<br>(151,5)   | 0,8955 | 463.016<br>(210.021)     | Líquido saturado  |
| 17  | 325,22<br>(2,24) | 0,7000 | 203,40<br>(95,2) | 302,92<br>(704,6)  | 0,8955 | 414.621<br>(188.068)     | Humedad<br>0,5946 |
| 118 | 335,22<br>(2,31) | 0,7000 | 164,52<br>(73,6) | 65,13<br>(151,5)   | 0,1045 | 463.016<br>(210.021)     | Líquido saturado  |
| 18  | 325,22<br>(2,24) | 0,7000 | 197,81<br>(92,1) | 281,00<br>(653,6)  | 0,1045 | 48.395<br>(21.952)       | Humedad<br>0,6254 |
| 19  | 325,22<br>(2,24) | 0,7000 | 202,81<br>(94,9) | 300,63<br>(699,2)  | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Humedad<br>0,5978 |
| 21  | 355,22<br>(2,45) | 0,7000 | 73,16<br>(22,9)  | -36,76<br>(-85,5)  | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Líquido 96°       |
| 29  | 84,93<br>(0,59)  | 0,7000 | 95,02<br>(35,0)  | 150,73<br>(350,6)  | 1      | 463.016<br>(210.021)     | Humedad<br>0,6984 |
| 30  | 325,22<br>(2,24) | 0,9740 | 202,81<br>(94,9) | 625,10<br>(1454,0) | 0,4022 | 186.238<br>(84.476)      | Vapor saturado    |
| 32  | 214,69<br>(1,48) | 0,9740 | 170,19<br>(76,8) | 601,53<br>(1399,2) | 0,0535 | 24.771<br>(11.236)       | Humedad<br>0,0194 |
| 34  | 85,43,<br>(0,59) | 0,9740 | 104,60<br>(40,3) | 555,75<br>(1292,7) | 0,3487 | 161.467<br>(73.240)      | Humedad<br>0,0467 |
| 23  | •                | Agua   | 64,40<br>(18,0)  | 32,40<br>(75,4)    | 9,8669 | 4.568.519<br>(2.072.245) |                   |
| 24  | •                | Agua   | 83,54<br>(28,6)  | 51,54<br>(119,9)   | 9,8669 | 4.568.519<br>(2.072.245) |                   |
| 25  | •                | Agua   | 208,40<br>(98,0) | 176,40<br>(410,3)  | 5,4766 | 2.535.750<br>(1.150.196) |                   |
| 26  | •                | Agua   | 169,52<br>(76,4) | 137,52<br>(319,9)  | 5,4766 | 2.535.750<br>(1.150.196) |                   |

# ES 2 301 229 T3

TABLA 2

| Nº  | PpsiA<br>(Mpa)   | X      | T °F (°C)        | HBTU/lb<br>(KJ/kg) | G/G30  | Flujo lb/h<br>(kg/h) | Fase              |
|-----|------------------|--------|------------------|--------------------|--------|----------------------|-------------------|
| 7   | 325,22<br>(2,24) | 0,5156 | 202,81<br>(94,9) | 82,29<br>(191,4)   | 0,5978 | 276.778<br>(125.544) | Líquido saturado  |
| 8   | 305,22<br>(2,10) | 0,5156 | 169,52<br>(76,4) | 44,55<br>(103,6)   | 0,5978 | 276.778<br>(125.544) | Líquido 28°       |
| 9   | 214,19<br>(1,48) | 0,5156 | 169,48<br>(76,4) | 44,55<br>(103,6)   | 0,5978 | 276.778<br>(125.544) | Humedad<br>0,9997 |
| 10  | 214,19<br>(1,48) | 0,5523 | 169,52<br>(76,4) | 89,23<br>(207,5)   | 0,6570 | 304.216<br>(137.990) | Humedad<br>0,921  |
| 11  | 194,19<br>(1,34) | 0,5523 | 99,74<br>(37,6)  | -29,96<br>(-69,3)  | 0,6570 | 304.216<br>(137.990) | Líquido 53°       |
| 12  | 85,43<br>(0,59)  | 0,5523 | 99,53<br>(37,5)  | -29,96<br>(-69,3)  | 0,6570 | 304.216<br>(137.990) | Humedad<br>0,9992 |
| 13  | 85,43<br>(0,59)  | 0,7000 | 99,74<br>(37,6)  | 173,96<br>(404,6)  | 1      | 463.016<br>(210.021) | Humedad<br>0,6658 |
| 14  | 84,43<br>(0,58)  | 0,7000 | 72,40<br>(22,4)  | -38,12<br>(-88,7)  | 1      | 463.016<br>(210.021) | Líquido saturado  |
| 15  | 350,22<br>(2,41) | 0,7000 | 94,74<br>(34,9)  | -13,18<br>(-30,7)  | 1      | 463.016<br>(210.021) | Líquido 73°       |
| 16  | 335,22<br>(2,31) | 0,7000 | 164,52<br>(73,6) | 65,13<br>(151,5)   | 1      | 463.016<br>(210.021) | Líquido saturado  |
| 117 | 335,22<br>(2,31) | 0,7000 | 164,52<br>(73,6) | 65,13<br>(151,5)   | 0,8955 | 463.016<br>(210.021) | Líquido saturado  |
| 17  | 325,22<br>(2,24) | 0,7000 | 203,40<br>(95,2) | 302,92<br>(704,6)  | 0,8955 | 414.621<br>(188.068) | Humedad<br>0,5946 |
| 118 | 335,22<br>(2,31) | 0,7000 | 164,52<br>(73,6) | 65,13<br>(151,5)   | 0,1045 | 463.016<br>(210.021) | Líquido saturado  |
| 18  | 325,22<br>(2,24) | 0,7000 | 197,81<br>(92,1) | 281,00<br>(653,6)  | 0,1045 | 48.395<br>(21.952)   | Humedad<br>0,6254 |
| 19  | 325,22<br>(2,24) | 0,7000 | 202,81<br>(94,9) | 300,63<br>(699,2)  | 1      | 463.016<br>(210.021) | Humedad<br>0,5978 |
| 21  | 355,22<br>(2,31) | 0,7000 | 73,16<br>(22,9)  | -36,76<br>(-85,5)  | 1      | 463.016<br>(210.021) | Líquido 96°       |
| 29  | 84,93<br>(0,59)  | 0,7000 | 94,96<br>(35,0)  | 150,38<br>(349,8)  | 1      | 463.016<br>(210.021) | Humedad<br>0,6989 |
| 30  | 325,22<br>(2,24) | 0,9740 | 202,81<br>(94,9) | 625,10<br>(1454,0) | 0,4022 | 186.238<br>(84.476)  | Vapor saturado    |
| 31  | 214,69<br>(1,48) | 0,9740 | 170,63<br>(77,0) | 602,12<br>(1400,5) | 0,4022 | 186.238<br>(84.476)  | Humedad<br>0,0189 |

ES 2 301 229 T3

|    |                  |        |                  |                    |        |                          |                     |
|----|------------------|--------|------------------|--------------------|--------|--------------------------|---------------------|
| 32 | 214,69<br>(1,48) | 0,9224 | 170,63<br>(77,0) | 539,93<br>(1255,9) | 0,0593 | 27.437<br>(11.236)       | Humedad<br>0,1285   |
| 33 | 214,69<br>(1,48) | 0,9829 | 170,63<br>(77,0) | 612,87<br>(1425,5) | 0,3430 | 158.800<br>(72.030)      | Vapor<br>saturado   |
| 34 | 85,43<br>(0,59)  | 0,9829 | 102,18<br>(39,0) | 564,60<br>(1313,3) | 0,3430 | 158.800<br>(72.030)      | Humedad<br>0,0294   |
| 35 | 214,69<br>(1,48) | 0,5119 | 170,63<br>(77,0) | 45,44<br>(105,7)   | 0,0076 | 3.527<br>(1.600)         | Líquido<br>saturado |
| 23 | •                | Agua   | 64,40<br>(18,0)  | 32,40<br>(75,4)    | 9,8666 | 4.568.371<br>(2.072.245) |                     |
| 24 | •                | Agua   | 83,50<br>(28,6)  | 51,50<br>(119,8)   | 9,8666 | 4.568.371<br>(2.072.245) |                     |
| 25 | •                | Agua   | 208,40<br>(98,0) | 176,40<br>(410,3)  | 5,4766 | 2.535.750<br>(1.150.196) |                     |
| 26 | •                | Agua   | 169,52<br>(76,4) | 137,52<br>(319,9)  | 5,4766 | 2.535.750<br>(1.150.196) |                     |

TABLA 3

| Nº | PpsiA<br>(Mpa)   | X      | T °F (°C)         | HBTU/lb<br>(KJ/kg) | G/G30  | Flujo lb/h<br>(kg/h)     | Fase                |
|----|------------------|--------|-------------------|--------------------|--------|--------------------------|---------------------|
| 10 | 291,89<br>(2,01) | 0,4826 | 203,40<br>(95,2)  | 80,72<br>(187,8)   | 0,6506 | 294.484<br>(133.576)     | Líquido<br>saturado |
| 11 | 271,89<br>(1,87) | 0,4826 | 109,02<br>(42,8)  | -23,56<br>(-54,8)  | 0,6506 | 294.484<br>(133.576)     | Líquido 89°         |
| 12 | 75,35<br>(0,52)  | 0,4826 | 109,07<br>(42,8)  | -23,56<br>(-54,8)  | 0,6506 | 294.484<br>(133.576)     | Humedad<br>0,9994   |
| 13 | 75,35<br>(0,52)  | 0,6527 | 109,02<br>(42,8)  | 180,50<br>(418,7)  | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Humedad<br>0,6669   |
| 14 | 74,35<br>(0,51)  | 0,6527 | 72,40<br>(22,4)   | -47,40<br>(-110,3) | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Líquido<br>saturado |
| 15 | 316,89<br>(2,18) | 0,6527 | 103,99<br>(40,0)  | -12,43<br>(-28,9)  | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Líquido 64°         |
| 16 | 301,89<br>(2,08) | 0,6527 | 164,52<br>(73,6)  | 55,41<br>(128,9)   | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Líquido<br>saturado |
| 17 | 291,89<br>(2,01) | 0,6527 | 203,40<br>(95,2)  | 273,22<br>(635,5)  | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Humedad<br>0,6506   |
| 21 | 321,89<br>(2,22) | 0,6527 | 73,04<br>(22,8)   | -46,18<br>(-107,4) | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Líquido 97°         |
| 29 | 74,85<br>(0,51)  | 0,6527 | 100,84<br>(38,2)  | 146,74<br>(341,4)  | 1      | 452.648<br>(205.317)     | Humedad<br>0,7104   |
| 30 | 291,89<br>(2,01) | 0,9693 | 203,40<br>(95,2)  | 631,64<br>(1469,2) | 0,3494 | 158.164<br>(71.741)      | Vapor<br>saturado   |
| 34 | 75,35<br>(0,52)  | 0,9693 | 108,59<br>(42,55) | 560,44<br>(1303,6) | 0,3494 | 158.164<br>(71.741)      | Humedad<br>0,0474   |
| 23 | •                | Agua   | 64,40<br>(18,0)   | 32,40<br>(75,4)    | 8,1318 | 3.680.852<br>(1.669.606) |                     |
| 24 | •                | Agua   | 88,27<br>(31,2)   | 56,27<br>(130,9)   | 8,1318 | 3.680.852<br>(1.669.606) |                     |
| 25 | •                | Agua   | 208,40<br>(98)    | 176,40<br>(410,3)  | 5,6020 | 2.535.750<br>(1.150.196) |                     |
| 26 | •                | Agua   | 169,52<br>(76,4)  | 137,52<br>(319,9)  | 5,6020 | 2.535.750<br>(1.150.196) |                     |

# ES 2 301 229 T3

TABLA 4

| Nº | PpsiA<br>(Mpa)   | X      | T °F (°C)        | HBTU/lb<br>(kJ/kg) | G/G30  | Flujo<br>lb/h(kg/h)      | Fase              |
|----|------------------|--------|------------------|--------------------|--------|--------------------------|-------------------|
| 10 | 214,30<br>(1,48) | 0,4059 | 203,40<br>(95,2) | 80,05<br>(186,2)   | 0,7420 | 395.533<br>(179.411)     | Líquido saturado  |
| 11 | 194,30<br>(1,34) | 0,4059 | 77,86<br>(25,4)  | -55,30<br>(-128,6) | 0,7420 | 395.533<br>(179.411)     | Líquido 118°      |
| 12 | 52,48<br>(0,36)  | 0,4059 | 78,17<br>(25,7)  | -55,30<br>(-128,6) | 0,7420 | 395.533<br>(179.411)     | Líquido 32°       |
| 29 | 52,48<br>(0,36)  | 0,5480 | 104,46<br>(40,3) | 106,44<br>(247,6)  | 1      | 533.080<br>(241.801)     | Humedad<br>0,7825 |
| 14 | 51,98<br>(0,36)  | 0,5480 | 72,40<br>(22,4)  | -60,06<br>(-139,7) | 1      | 533.080<br>(241.801)     | Líquido saturado  |
| 21 | 244,30<br>(1,68) | 0,5480 | 72,83<br>(22,7)  | -59,16<br>(-137,6) | 1      | 533.080<br>(241.801)     | Líquido 98°       |
| 16 | 224,30<br>(1,55) | 0,5480 | 164,52<br>(73,6) | 41,26<br>(96,0)    | 1      | 533.080<br>(241.801)     | Líquido saturado  |
| 17 | 214,30<br>(1,48) | 0,5480 | 203,40<br>(95,2) | 226,20<br>(526,1)  | 1      | 533.080<br>(241.801)     | Humedad<br>0,742  |
| 30 | 214,30<br>(1,48) | 0,9567 | 203,40<br>(95,2) | 646,49<br>(1503,7) | 0,2580 | 137.546<br>(62.389)      | Vapor saturado    |
| 34 | 52,48<br>(0,36)  | 0,9567 | 114,19<br>(45,7) | 571,55<br>(1329,4) | 0,2580 | 137.546<br>(62.389)      | Humedad<br>0,0473 |
| 23 | •                | Agua   | 64,40<br>(18)    | 32,40<br>(75,4)    | 5,7346 | 3.057.018<br>(1.386.640) |                   |
| 24 | •                | Agua   | 93,43<br>(34,2)  | 61,43<br>(142,9)   | 5,7346 | 3.057.018<br>(1.386.640) |                   |
| 25 | •                | Agua   | 208,40<br>(98)   | 176,40<br>(410,3)  | 4,7568 | 2.535.750<br>(1.150.197) |                   |
| 26 | •                | Agua   | 169,52<br>(76,4) | 137,52<br>(319,9)  | 4,7568 | 2.535.750<br>(1.150.197) |                   |

## ES 2 301 229 T3

TABLA 5

*Resumen de rendimiento KCS34 Caso 1*

|    |   |                |                  |                |
|----|---|----------------|------------------|----------------|
| 5  | Calor introducido                                   | 28893,87 kW    | 237,78 BTU/lb    | (553,08 KJ/kg) |
|    | Calor eliminado                                     | 25638,63 kW    | 210,99 BTU/lb    | (490,76 KJ/kg) |
| 10 | $\Sigma$ Descensos de entalpía de turbina           | 3420,86 kW     | 28,15 BTU/lb     | (65,48 KJ/kg)  |
|    | Trabajo de turbina                                  | 3184,82 kW     | 26,21 BTU/lb     | (60,96 KJ/kg)  |
| 15 | Energía de bomba<br>de alimentación $\Delta H$ 1,36 | 175,97 kW      | 1,45 BTU/lb      | (3,37 KJ/kg)   |
| 20 | Energía de bomba de alimentación<br>y refrigerante  | 364,36 kW      | 3,00 BTU/lb      | (6,978 KJ/kg)  |
|    | Trabajo neto  | 2820,46 kW     | 23,21 BTU/lb     | (53,99 KJ/kg)  |
| 25 | <hr style="border: 1px solid black;"/>              |                |                  |                |
|    | Salida bruta  | 3184,82 kWe    |                  |                |
|    | Salida de ciclo                                     | 3008,85 kWe    |                  |                |
| 30 | <hr style="border: 1px solid black;"/>              |                |                  |                |
|    | Salida neta   | 2820,46 kWe    |                  |                |
| 35 | Rendimiento térmico neto                            | 9,76 %         |                  |                |
|    | Límite de segunda ley                               | 17,56 %        |                  |                |
| 40 | Rendimiento de segunda ley                          | 55,58 %        |                  |                |
|    | Consumo específico de<br>solución salina saturada   | 899,05 lb/kW h | (407,73 kg/kW h) |                |
| 45 | Salida de energía específica                        | 1,11 Watt h/lb | (2,45 Watt h/kg) |                |
| 50 |   |                |                  |                |
| 55 |   |                |                  |                |
| 60 |   |                |                  |                |
| 65 |   |                |                  |                |

## ES 2 301 229 T3

TABLA 6

*Resumen de rendimiento KCS34 Caso 2*

|    |  |                         |                           |                |
|----|--|-------------------------|---------------------------|----------------|
| 5  | Flujo de masa de turbina                         | 58,34 kg/s              | 463016 lb/h               |                |
|    | Flujo de volumen de punto 30                     | 4044,45 l/s             | 514182 ft <sup>3</sup> /h |                |
| 10 | <hr/>  |                         |                           |                |
|    | Calor introducido                                | 28893,87 kW             | 212,93 BTU/lb             | (495,28 KJ/kg) |
|    | Calor eliminado                                  | 25578,48 kW             | 188,50 BTU/lb             | (438,45 KJ/kg) |
| 15 | $\Sigma$ Descensos de entalpía de turbina        | 3500,33 kW              | 25,80 BTU/lb              | (60,01 KJ/kg)  |
| 20 | Trabajo de turbina                               | 3258,81 kW              | 24,02 BTU/lb              | (55,87 KJ/kg)  |
|    | Energía de bomba de alimentación $\Delta H$ 1,36 | 196,51 kW               | 1,45 BTU/lb               | (3,37 KJ/kg)   |
| 25 | Energía de bomba de alimentación y refrigerante  | 408,52 kW               | 3,01 BTU/lb               | (7,00 KJ/kg)   |
| 30 | Trabajo neto                                     | 2850,29 kW              | 21,00 BTU/lb              | (48,85 KJ/kg)  |
|    | <hr/>  |                         |                           |                |
|    | Salida bruta                                     | 3258,81 kW <sub>e</sub> |                           |                |
| 35 | Salida de ciclo                                  | 3062,30 kW <sub>e</sub> |                           |                |
|    | Salida neta                                      | 2850,29 kW <sub>e</sub> |                           |                |
| 40 | <hr/>  |                         |                           |                |
|    | Rendimiento térmico neto                         | 9,86 %                  |                           |                |
|    | Límite de segunda ley                            | 17,74 %                 |                           |                |
| 45 | Rendimiento de segunda ley                       | 55,60 %                 |                           |                |
|    | Consumo específico de solución salina saturada   | 889,65 lb/kW h          | (403,47 kg/kW h)          |                |
| 50 | Salida de energía específica                     | 1,12 Watt h/lb          | (2,47 Watt h/kg)          |                |

55

60

65

## ES 2 301 229 T3

TABLA 7

*Resumen de rendimiento KCS34 Caso 3*

|    |  |                |                           |                 |
|----|--|----------------|---------------------------|-----------------|
| 5  | Flujo de masa de turbina                         | 57,03 kg/s     | 452648 lb/h               |                 |
|    | Flujo de volumen de punto 30                     | 4474,71 l/s    | 568882 ft <sup>3</sup> /h |                 |
| 10 | <hr/>  |                |                           |                 |
|    | Calor introducido                                | 28893,87 kW    | 217,81 BTU/lb             | (506,63 KJ/kg)  |
|    | Calor eliminado                                  | 25754,18 kW    | 194,14 BTU/lb             | (451,57 KJ/kg)  |
| 15 | $\Sigma$ Descensos de entalpía de turbina        | 3300,55 kW     | 24,88 BTU/lb              | (57,87 KJ/kg)   |
| 20 | Trabajo de turbina                               | 3072,82 kW     | 23,16 BTU/lb              | (53,87 KJ/kg)   |
|    | Energía de bomba de alimentación $\Delta H$ 1,21 | 170,92 kW      | 1,29 BTU/lb               | (3,00 KJ/kg)    |
| 25 | Energía de bomba de alimentación y refrigerante  | 341,75 kW      | 2,58 BTU/lb               | (6,00 KJ/kg)    |
| 30 | Trabajo neto                                     | 2731,07 kW     | 20,59 BTU/lb              | (47,89 KJ/kg)   |
|    | <hr/>  |                |                           |                 |
| 35 | Salida bruta                                     | 3072,82 kWe    |                           |                 |
|    | Salida de ciclo                                  | 2901,89 kWe    |                           |                 |
| 40 | Salida neta                                      | 2731,07 kWe    |                           |                 |
|    | <hr/>  |                |                           |                 |
|    | Rendimiento térmico neto                         | 9,45 %         |                           |                 |
| 45 | Límite de segunda ley                            | 17,39 %        |                           |                 |
|    | Rendimiento de segunda ley                       | 54,34 %        |                           |                 |
| 50 | Consumo específico de solución salina saturada   | 928,48 lb/kW h | (421,08 kg/kW h)          |                 |
|    | Salida de energía específica                     | 1,08 Watt h/lb | (2,38 Watt h/kg)          |                 |
| 55 | Calor a caldera de vapor                         | 15851,00 kW    | 577,22 BTU/lb             | (1342,61 KJ/kg) |
| 60 | Calor eliminado                                  | 10736,96 kW    | 390,99 BTU/lb             | (909,44 KJ/kg)  |

65

## ES 2 301 229 T3

TABLA 8

*Resumen de rendimiento KCS34 Caso 4*

|    |  |                 |                           |                |
|----|--|-----------------|---------------------------|----------------|
| 5  | Flujo de masa de turbina                         | 67,17 kg/s      | 533080 lb/h               |                |
|    | Flujo de volumen de punto 30                     | 7407,64 l/s     | 941754 ft <sup>3</sup> /h |                |
| 10 | <hr/>  |                 |                           |                |
|    | Calor introducido                                | 28893,87 kW     | 184,94 BTU/lb             | (430,17 KJ/kg) |
|    | Calor eliminado                                  | 26012,25 kW     | 166,50 BTU/lb             | (387,28 KJ/kg) |
| 15 | $\Sigma$ Descensos de entalpía de turbina        | 3020,89 kW      | 19,34 BTU/lb              | (44,98 KJ/kg)  |
|    | Trabajo de turbina                               | 2812,45 kW      | 18,00 BTU/lb              | (41,87 KJ/kg)  |
| 20 | Energía de bomba de alimentación $\Delta H$ 0,89 | 147,99 kW       | 0,95 BTU/lb               | (2,21 KJ/kg)   |
| 25 | Energía de bomba de alimentación y refrigerante  | 289,86 kW       | 1,86 BTU/lb               | (4,33 KJ/kg)   |
| 30 | Trabajo neto                                     | 2522,59 kW      | 16,15 BTU/lb              | (37,56 KJ/kg)  |
|    | <hr/>  |                 |                           |                |
|    | Salida bruta                                     | 2812,45 kWe     |                           |                |
| 35 | Salida de ciclo                                  | 2664,46 kWe     |                           |                |
|    | Salida neta                                      | 2522,59 kWe     |                           |                |
| 40 | <hr/>  |                 |                           |                |
|    | Rendimiento térmico neto                         | 8,73 %          |                           |                |
|    | Límite de segunda ley                            | 17,02 %         |                           |                |
| 45 | Rendimiento de segunda ley                       | 51,29 %         |                           |                |
| 50 | Consumo específico de solución salina saturada   | 1005,22 lb/kW h | (455,88 kg/kW h)          |                |
|    | Salida de energía específica                     | 0,99 Watt h/lb  | (2,18 Watt h/kg)          |                |

55

60

65

# ES 2 301 229 T3

## REIVINDICACIONES

1. Un método para la implementación de un ciclo termodinámico que comprende:

5 el calentamiento de una corriente de trabajo (117-17), que incluye un componente con un punto de ebullición bajo y un componente con un punto de ebullición más alto, con una fuente de calor externo (25-26) con el fin de proporcionar una corriente de trabajo gaseosa calentada (19);

10 la separación de la mencionada corriente de trabajo gaseosa calentada (19) en un primer separador (S) para proporcionar una corriente rica gaseosa calentada (30) que posea una proporción relativamente mayor del mencionado componente con un punto de ebullición bajo y una corriente pobre (7) que posea una proporción relativamente menor del mencionado componente con un punto de ebullición bajo;

15 la expansión de la mencionada corriente rica gaseosa calentada (30) para transformar la energía de la corriente en una energía útil y proporcionar una corriente rica agotada y expandida (34); y

20 la combinación de la mencionada corriente pobre (7) y la mencionada corriente rica agotada y expandida (34) para proporcionar la mencionada corriente de trabajo (117-17);

en el que, después de la mencionada combinación y antes del mencionado calentamiento con dicha fuente externa de calor, la mencionada corriente de trabajo se condensa al transferir calor a una fuente de temperatura baja en un primer intercambiador de calor (HE-1) y dicha corriente de trabajo se bombea posteriormente a una mayor presión (21); y

25 que comprende además la transferencia, en un segundo intercambiador de calor (HE-2), del calor de la mencionada corriente de trabajo, con anterioridad a la condensación de la corriente de trabajo, a dicha corriente de trabajo después de que se haya bombeado la misma a la mencionada presión más alta (21) y antes del calentamiento con la fuente externa de calor (25-26) mencionada anteriormente.

30 2. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 1, que también comprende la transferencia, en un tercer intercambiador de calor, de calor desde la mencionada corriente pobre (7) [a la] mencionada corriente de trabajo después de que la mencionada corriente de trabajo haya recibido calor en el mencionado segundo intercambiador de calor (HE-2) y antes del calentamiento con la fuente externa de calor (25-26) mencionada anteriormente.

35 3. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 1 o en la reivindicación 2, que además comprende la división de la mencionada corriente de trabajo (117-17) en una primera subcorriente de trabajo (117) y una segunda subcorriente de trabajo (118), y en el que el mencionado calentamiento con la mencionada fuente externa de calor (25-26) incluye el calentamiento de la primera subcorriente de trabajo (117) con la fuente externa de calor para proporcionar una primera subcorriente de trabajo calentada (17).

40 4. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 2 o en la reivindicación 3, que además comprende la transferencia, en un cuarto intercambiador de calor (HE-4), de calor desde la mencionada corriente pobre (7) a la mencionada segunda subcorriente de trabajo.

45 5. Un método, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el mencionado calentamiento con la mencionada fuente externa de calor (25-26) se produce en un quinto intercambiador de calor (HE-5).

50 6. Un método para la implementación de un ciclo termodinámico, tal y como se describe en la reivindicación 1, que además comprende:

la división de la mencionada corriente de trabajo (117-17) en una primera subcorriente de trabajo (117) y una segunda subcorriente de trabajo (118), y en el que el mencionado calentamiento de una corriente de trabajo incluye el calentamiento de la primera subcorriente de trabajo (117) con la mencionada fuente externa de calor (25-26) para proporcionar una primera subcorriente de trabajo calentada (117) y posteriormente combinar la primera subcorriente de trabajo calentada (17) con la segunda subcorriente de trabajo (118) con el fin de proporcionar la mencionada corriente de trabajo gaseosa calentada (19).

60 7. Un método, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones comprendidas entre la 1 y la 6, en el que la mencionada expansión tiene lugar en una primera fase de expansión y una segunda fase de expansión;

la mencionada corriente rica gaseosa calentada (19) es parcialmente expandida para proporcionar una corriente rica parcialmente expandida (32) en la mencionada primera fase de expansión;

65 que además comprende la división de la mencionada corriente rica parcialmente expandida en una primera parte y una segunda parte;

## ES 2 301 229 T3

en el que la primera parte se expande para proporcionar la mencionada corriente rica agotada y expandida (34) en la mencionada segunda fase de expansión; y

5 que además comprende la combinación de la mencionada segunda parte (32) con la mencionada corriente pobre (7) antes de combinar las mencionadas corriente pobre y corriente rica agotada y expandida (34).

8. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 7, en el que la mencionada división incluye la separación de la mencionada corriente rica parcialmente expandida (32) en una parte de vapor (33) y una parte de líquido (31); la mencionada primera parte incluye al menos alguna cantidad de la parte de vapor y la mencionada segunda parte incluye la parte de líquido.

9. Un método, tal y como se describe en la reivindicación 8, que además comprende la combinación de alguna cantidad de la mencionada parte de vapor (33) con la mencionada parte de líquido (31) para proporcionar la mencionada segunda parte.

10. Un método, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones comprendidas entre la 7 y la 9, que además comprende la transferencia, en un intercambiador de calor, de calor desde la mencionada corriente pobre (7) con la mencionada segunda parte (32) a la mencionada corriente de trabajo antes de calentar dicha corriente de trabajo con la mencionada fuente externa de calor (25-26).

11. Un aparato para la implementación de un ciclo termodinámico que comprende:

un calentador (HE-5) que calienta una corriente de trabajo (117-17), que incluye un componente con un punto de ebullición bajo y un componente con un punto de ebullición más alto, con una fuente de calor externo (25-26) para proporcionar una corriente de trabajo gaseosa calentada (19);

un primer separador conectado para recibir la mencionada corriente de trabajo gaseosa calentada (19) y producir una corriente rica gaseosa calentada (30) que posea una proporción relativamente mayor del mencionado componente con un punto de ebullición bajo y una corriente pobre (7) que posea una proporción relativamente menor del mencionado componente con un punto de ebullición bajo;

un expansor que está conectado para recibir la mencionada corriente rica gaseosa calentada (30), transformar la energía de la corriente a energía utilizable y producir una corriente rica agotada y expandida (34); y

una primera mezcladora de corrientes que está conectada para combinar la mencionada corriente pobre (7) y la mencionada corriente rica agotada y expandida (34) y producir la mencionada corriente de trabajo; la salida de la mencionada mezcladora de corrientes está conectada a la entrada del mencionado calentador (14E-5);

que además comprende un primer intercambiador de calor (HE-1) y una bomba (B) que están conectados entre la primera mezcladora de corrientes y el mencionado calentador (HE-5); el mencionado primer intercambiador de calor condensa la mencionada corriente de trabajo al transferir calor a una fuente de baja temperatura y la mencionada bomba posteriormente bombea la mencionada corriente de trabajo a una mayor presión (21); y

que además comprende un segundo intercambiador de calor (HE-2) conectado para transferir calor desde la mencionada corriente de trabajo, con anterioridad a la condensación de dicha corriente de trabajo, a la mencionada corriente de trabajo después de que se haya bombeado la corriente de trabajo mencionada a mayor presión en la mencionada bomba y antes del calentamiento con la fuente externa de calor (25-26) en el calentador (HE-5) mencionado anteriormente.

12. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 11, en el que el mencionado expansor incluye una primera fase de expansión (T-1) y una segunda fase de expansión (T-2);

la mencionada primera fase de expansión está conectada para recibir la corriente rica gaseosa calentada (30) y producir una corriente rica parcialmente expandida (31);

que además comprende un divisor de corrientes que está conectado para recibir la mencionada corriente rica parcialmente expandida (31) y dividirla en una primera parte (33) y una segunda parte (32);

en el que la mencionada segunda fase está conectada para recibir la mencionada primera parte y expande la mencionada primera parte con el fin de proporcionar la corriente rica agotada y expandida; y

que además comprende una segunda mezcladora de corrientes que está conectada para combinar la mencionada segunda parte (32) con la mencionada corriente pobre (7) antes de que la corriente pobre se combine con la corriente rica agotada y expandida (34) en la mencionada primera mezcladora de corrientes.

13. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 11 o en la reivindicación 12, que además comprende un tercer intercambiador de calor (HE-3) conectado para transferir calor desde la mencionada corriente pobre (7) a la mencionada corriente de trabajo después de que la corriente de trabajo (117-17) haya recibido calor en el mencio-

## ES 2 301 229 T3

nado segundo intercambiador de calor (HE-2) y antes del calentamiento con la fuente externa de calor (25-26) en el calentador (HE-5) mencionado anteriormente.

14. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 11, que además comprende:

un divisor de corrientes conectado para dividir la mencionada corriente de trabajo, después del mencionado bombeo con la mencionada bomba (B) y antes del mencionado calentamiento con la fuente externa de calor (25-26) en el calentador, en una primera subcorriente de trabajo (117) y una segunda subcorriente de trabajo (118); dicho calentador calienta la mencionada primera subcorriente de trabajo para proporcionar una primera subcorriente de trabajo calentada.

15. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 14, que además comprende un cuarto intercambiador de calor (HE-4) conectado para transferir calor desde la mencionada corriente pobre (7) a la mencionada segunda subcorriente de trabajo (118).

16. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 15, en el que el mencionado calentador es un quinto intercambiador de calor (HE-5).

17. Un aparato, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones comprendidas entre la 14 y la 16, en el que el mencionado expansor incluye una primera fase de expansión (T-1) y una segunda fase de expansión (T-2);

la mencionada primera fase de expansión está conectada para recibir la corriente rica gaseosa calentada (30) y producir una corriente rica parcialmente expandida (32);

que además comprende un divisor de corrientes que está conectado para recibir la mencionada corriente rica parcialmente expandida y dividirla en una primera parte y una segunda parte;

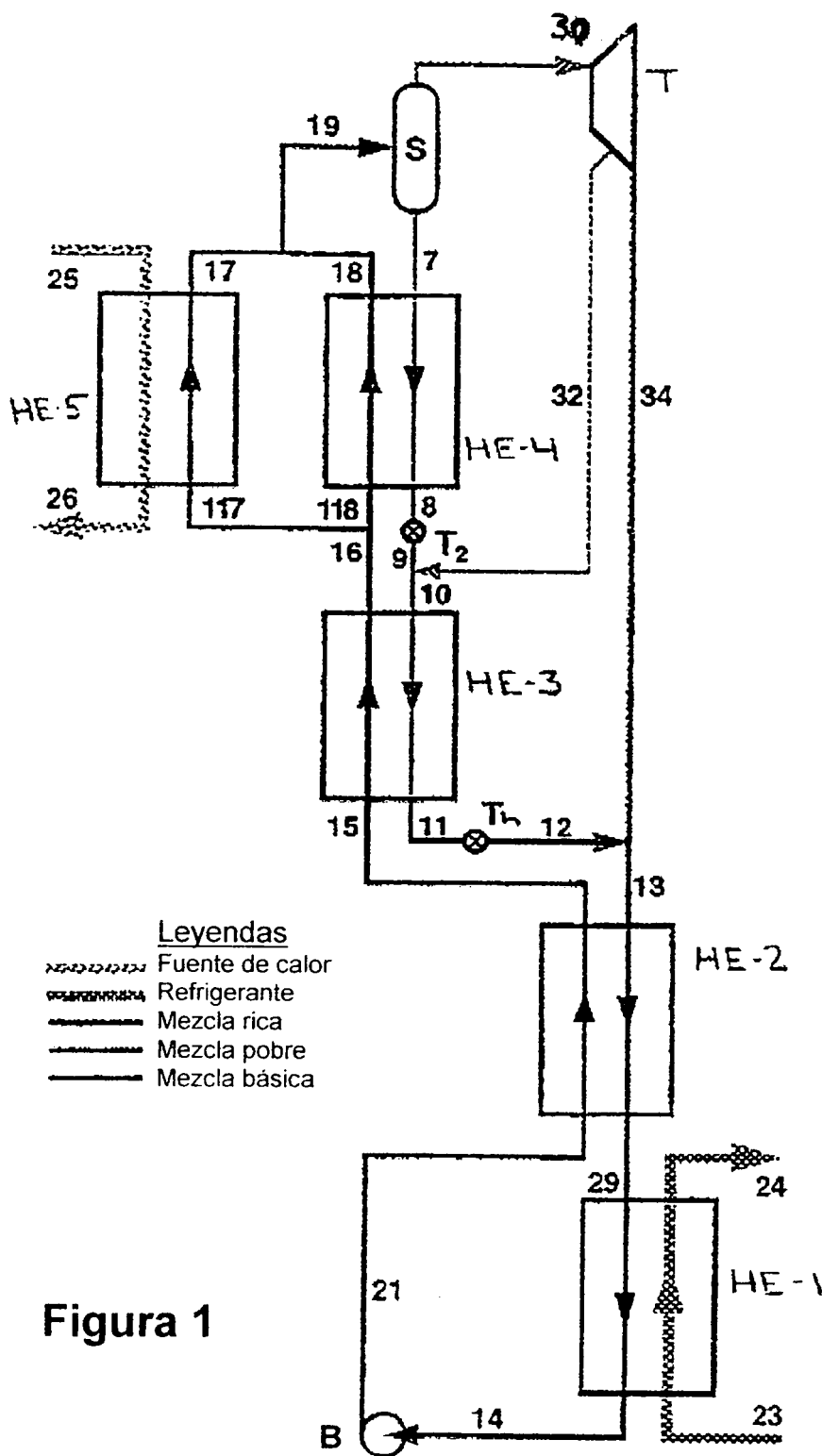
en el que la mencionada segunda fase está conectada para recibir la mencionada primera parte y expande la primera parte con el fin de proporcionar la mencionada corriente rica agotada y expandida (32); y

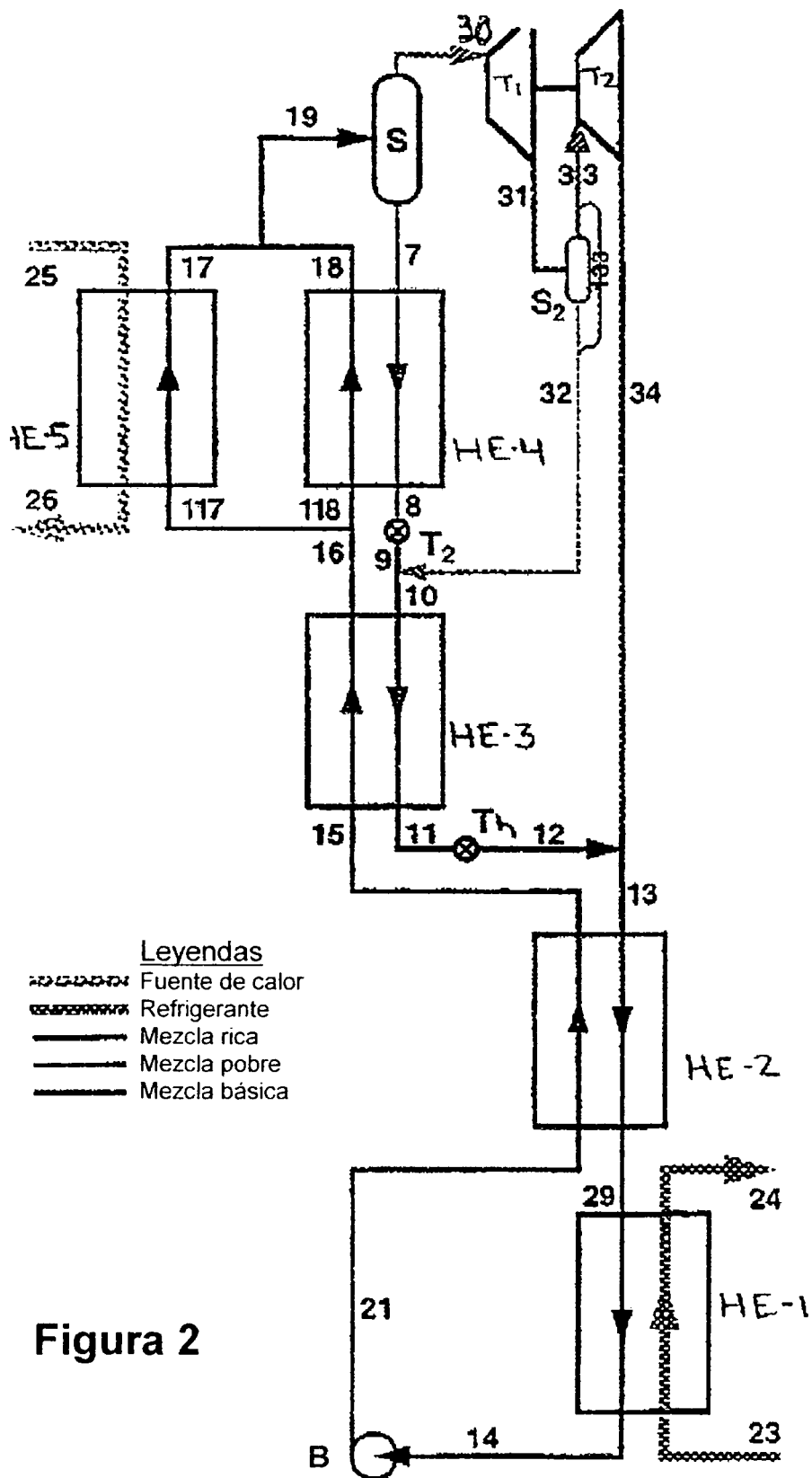
que además comprende una segunda mezcladora de corrientes que está conectada para combinar la mencionada segunda parte con la mencionada corriente pobre (7) antes de que la corriente pobre se combine con la corriente rica agotada y expandida (32) en la mencionada primera mezcladora de corrientes.

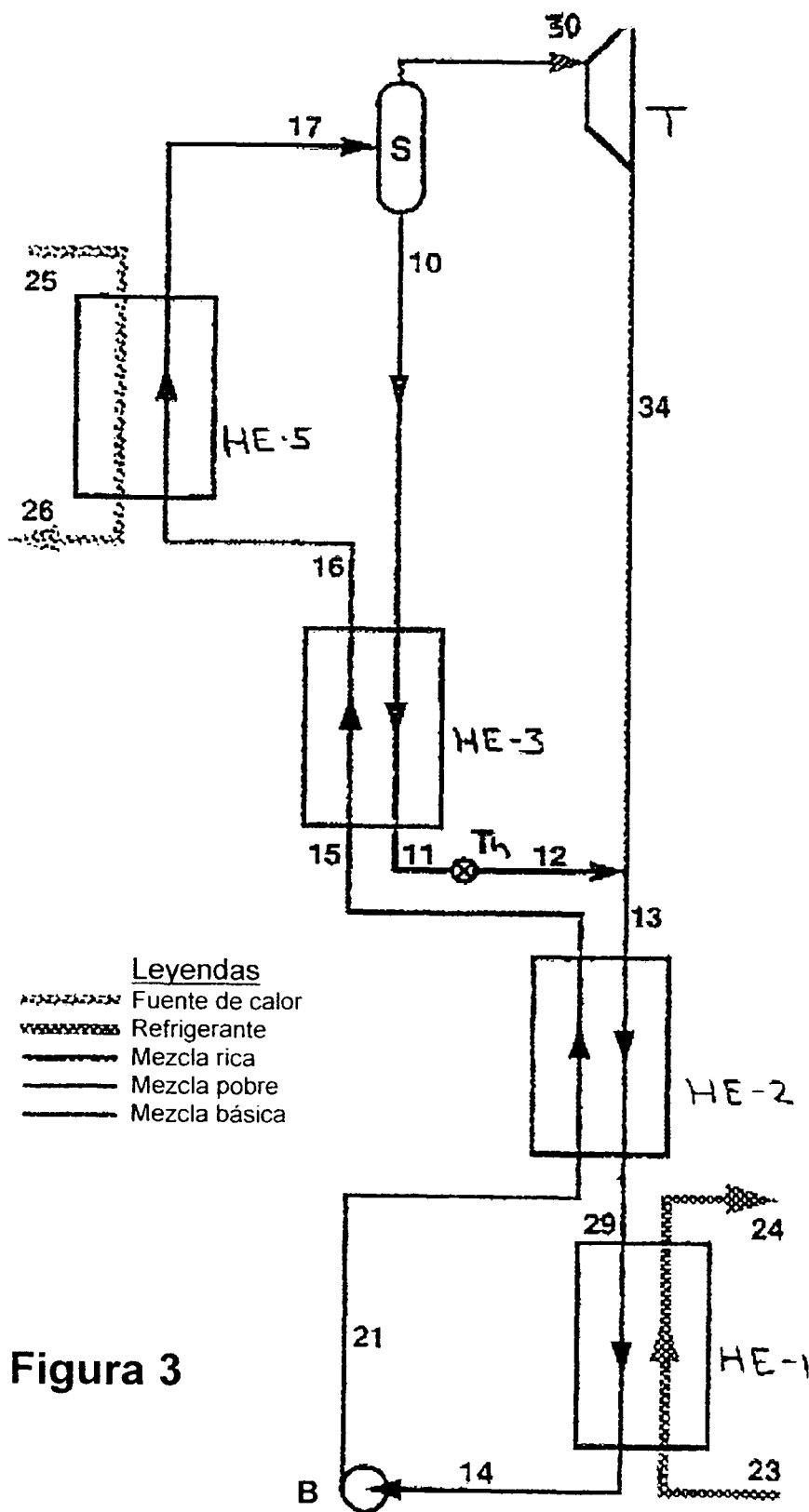
18. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 17, en el que el mencionado divisor de corrientes incluye un segundo separador (S-2) que está conectado para recibir la corriente rica parcialmente expandida (31) y separarla en una parte de vapor y una parte de líquido; la mencionada primera parte incluye al menos una cantidad de la parte de vapor y la mencionada segunda parte incluye la parte de líquido.

19. Un aparato, tal y como se describe en la reivindicación 17, en el que el mencionado divisor de corrientes incluye una cuarta mezcladora de corrientes conectada para combinar una cantidad de la parte de vapor desde el segundo separador con la mencionada parte de líquido del segundo separador con el fin de proporcionar la mencionada segunda parte.

20. Un aparato, tal y como se describe en cualquiera de las reivindicaciones comprendidas entre la 14 y la 19, que además comprende un intercambiador de calor conectado para transferir calor desde la mencionada corriente pobre con la mencionada segunda parte a la mencionada corriente de trabajo, antes de que la corriente de trabajo haya sido calentada con la mencionada fuente externa de calor (25-26) en el calentador.







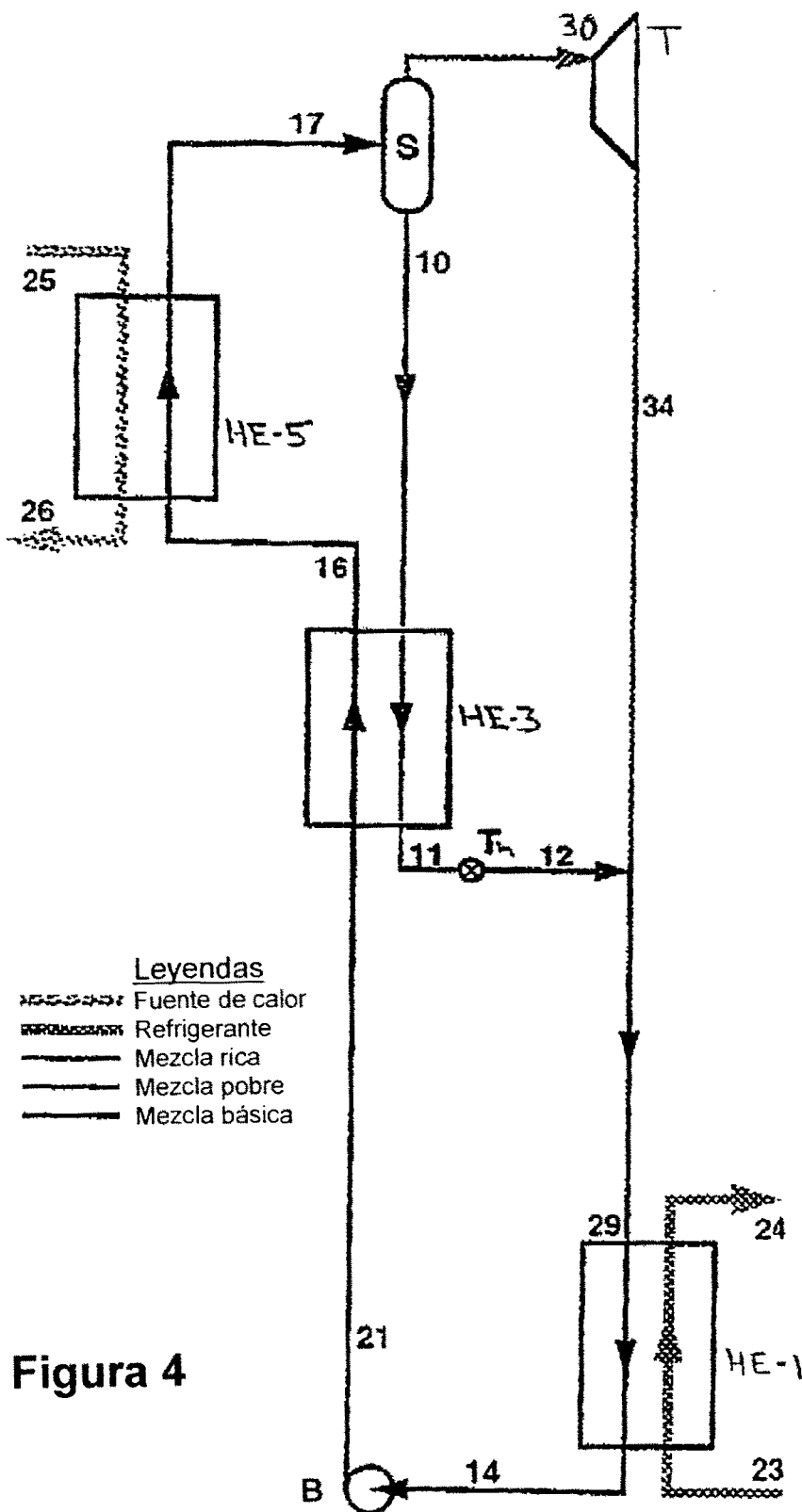


Figura 4