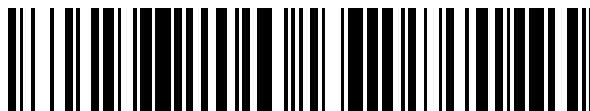


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 719**

21 Número de solicitud: 201400732

51 Int. Cl.:

**F01K 23/02** (2006.01)

**F02C 6/18** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**05.09.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**07.03.2016**

Fecha de la concesión:

**14.12.2016**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**21.12.2016**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)  
Vicerrectorado de Transferencia Tecnológica,  
Paseo de las Delicias s/n, Pabellón de Brasil  
41013 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**CHACARTEGUI RAMÍREZ, Ricardo;  
BECERRA VILLANUEVA, José Antonio y  
BLANCO MARTÍN, María José**

54 Título: **Ciclo combinado de turbina de aire húmedo y ciclo orgánico de Rankine integrados para generación de energía eléctrica**

57 Resumen:

El objeto de la invención es un ciclo combinado compuesto por una turbina de aire húmedo (HAT) en cabeza y ciclos orgánicos de Rankine (ORC) en cola con una disposición que maximiza la recuperación de calor de los gases de escape de la turbina. Para ello se integran ciclos ORC tanto en paralelo al flujo principal que evoluciona en el regenerador de la turbina de gas como en serie a continuación de éste. El ciclo de producción de potencia resultante es de aplicación en rangos de potencia de generación distribuida, con unos valores de eficiencia equiparables a los alcanzados en rangos de potencia de producción centralizada por encima del 50% de rendimiento y un menor coste que a otras opciones de generación eléctrica distribuida con rendimientos similares.

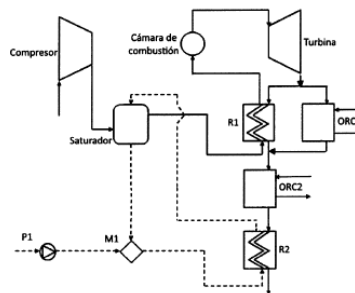


Figura 1

ES 2 562 719 B1

## DESCRIPCIÓN

### **Ciclo combinado de turbina de aire húmedo y ciclo orgánico de Rankine integrados para generación de energía eléctrica**

#### **5 Sector de la técnica**

La invención se encuadra en el sector técnico de las tecnologías orientadas a la generación distribuida de energía, más concretamente en el relativo a la generación en plantas de microturbina de gas y su integración con otras tecnologías de generación.

#### **10 Estado de la técnica**

Dentro de las tecnologías orientadas a la generación distribuida se encuentra la generación en plantas de microturbina de gas. La conversión de este tipo de plantas para trabajar con un ciclo de aire húmedo (HAT) resulta fácil de ejecutar, ajustada en costes y conlleva un incremento en sus prestaciones.

15 Un ciclo HAT simple para producción de potencia a baja escala está basado en un ciclo simple regenerativo con compresor, cámara de combustión, turbina y regenerador, al que se añade un saturador entre el compresor y la cámara de combustión. Un segundo intercambiador o economizador se incluye para precalentar el agua de entrada al saturador antes de su inyección, a partir de la energía contenida en la corriente de gases de salida de la  
20 turbina de gas [1].

La principal ventaja de este ciclo para la generación a baja potencia, del orden de 100 kW, reside en el incremento del rendimiento y la potencia obtenidos en la microturbina al añadir la unidad de saturación. Su principio de operación facilita la recuperación de calor residual de baja temperatura, que no depende de la operación de trabajo del ciclo sino de las  
25 presiones parciales de vapor de agua en la corriente de aire. La corriente de agua drenada del saturador podría incluso utilizarse con aplicación de cogeneración [2].

De entre las patentes relacionadas con el ciclo HAT destaca la línea de patentes desarrollada por Hitachi sobre diferentes aspectos del ciclo relacionados con el desarrollo de la cámara de combustión [3], [4] y [5]. Se encuentran otras patentes relacionadas con el ciclo  
30 húmedo en la cual se condensa agua en el escape para usarla en el ciclo húmedo [6] y relacionadas con el ciclo húmedo de la turbina de gas y la captura de dióxido de carbono [7].

Además de patentes relacionadas de manera indirecta con aplicaciones para refrigeración como el caso de la patente de General Electric [8].

La factibilidad de estos ciclos ha sido estudiada en diversas aplicaciones y su integración con otras tecnologías de generación ha sido descrita en los últimos años. Desde su  
5 combinación con pila de combustible [9], con reactores químicos solares [10], y con motores de combustión externa que queman biomasa [11].

Por otro lado una variante del ciclo de Rankine puede realizarse haciendo que el fluido que evolucione sea un fluido orgánico de elevado peso molecular en vez de vapor de agua, encontrándonos en este caso ante un ciclo orgánico de Rankine (ORC). Estos ciclos presentan  
10 unas prestaciones superiores al ciclo de Rankine de vapor a media y baja temperatura. De ahí su interés en aplicaciones de baja y media temperatura con una adecuada selección del fluido de trabajo. [12], [13]. Su integración con diversas tecnologías ha sido estudiada en diferentes aplicaciones: entre otras con biomasa [14], motores de combustión interna alternativos [15], plantas de potencia solares [16], [17], microturbinas de gas o pilas de combustible [18].

15

Actualmente, la combinación en un único motor térmico de dos o más ciclos, en cada uno de los cuales puede llevarse a cabo un ciclo termodinámico distinto es una tendencia que tiene su máximo exponente en los ciclos combinados de gas y vapor, siendo éste el motor térmico de mayor rendimiento a nivel comercial y gran potencia.

20

Uno de los aspectos más estudiados es la evaluación de las posibilidades de hibridación de sistemas ORC [19], [20], así como la evaluación de los fluidos más adecuados para las distintas condiciones de la energía a recuperar [21].

En lo relativo a la hibridación del ciclo de aire húmedo de turbinas de gas, en los últimos años se han publicado artículos científicos que tratan su hibridación con otras  
25 tecnologías como pilas de combustible [22], reactores químicos solares [23], sistemas de combustión externa con biomasa como combustible [24] o incluso para la captura de dióxido de carbono.

En los documentos de patentes PCT/US08/62361 y PCT/US07/22820 se proponen el uso de ciclos ORC para la generación eléctrica a partir de energía térmica procedente de  
30 recurso solar y geotérmico o con pila de combustible.

La patente "Power production process with gas turbine from solid fuel and waste heat and the equipment for the performing of this process, [US2010/0199631]" hace referencia a ciclo combinado con turbina de gas de aire húmedo en cabeza y ciclo de Clausius-Rankine en cola con altos rendimientos.

Sería por lo tanto deseable obtener la integración de ambos ciclos resultando un rendimiento más elevado debido al adecuado acople de ambos ciclos y la optimización del conjunto en cuanto a la recuperación de calor por el formato de intercambio de calor resultante.

- 5 Para ello, la presente invención se centra en diferentes posibilidades de integración de una Turbina de Gas de Aire Húmedo (HAT) como ciclo de cabeza acoplada con uno o varios ciclos Orgánicos de Rankine (ORC) integrados como ciclo de cola.

#### Referencias

- 10 [1] Nyberg, B., Thern, M., Thermodynamic studies of a HAT cycle and its components, Journal of Applied Energy 2012; 89: 315-319.  
 [2] Szargut, J., 2000, Cogeneration of network heat in the set of a humid air turbine, Journal of Energy 2002; 27: 1-15  
 [3] Advanced Humid Air Turbine Power Plant" [US2009/0293493]
- 15 [4] Combustor and the method of fuel supply and converting fuel nozzle for advanced humid air turbine"[US 2012/0031103]  
 [5] "Suction air spray type gas turbine, and advanced humid air gas turbine" JP2013024079 (A) o "Humidification structure of advanced humid air turbine system" [JP2012159212 (A)]
- 20 [6] Arrangement in a gas turbine process [WO 2011/076973]  
 [7] PCT: WO 2004/083615], "Humid air turbine cycle with carbon dioxide recovery", [US 2006/0260290A1]  
 [8] System to improve gas turbine output and hot gas path component life utilizing humid air for nozzle over cooling [US2014/0123666A1]
- 25 [9] Chacartegui, R., Blanco, M.J., Munoz de Escalona, J.M., Sanchez, D., Sanchez, T., 2013, Performance assessment of Molten Carbonate Fuel Cell-Humid Air Turbine Hybrid systems, Journal of Applied Energy 2013; 102: 687-699  
 [10] Zhao, H., Yue, P., Performance analysis of humid air turbine cycle with solar energy for methanol decomposition, Journal of Energy 2011; 36: 2372-2380][Olaleye, A. K., Wang, M.,
- 30 Techno-economic analysis of chemical looping combustion with humid air turbine power cycle, Journal of Fuel 2014; 124:221-231.  
 [11] Zhao, H., Pengxiu, Y., Study of humid air turbine cycle with external heat source for air humidification, International Journal for Energy Research 2010; 34: 523-534.  
 [12] Wang, D., Ling, X., Peng, H., Liu, L., Tao, L., Efficiency and optimal performance evaluation
- 35 of organic Rankine cycle for low grade waste heat power generation, Journal of Energy 2013; 50: 343-352.  
 [13] Hung, T.C., Wank, S.K., Kuo, C.H., Pei, B.S., Tsai, K.F., A study of organic fluids on system efficiency of an ORC using low-grade energy sources, Journal of Energy 2010, 35: 1403-1411.  
 [14] Liu, H., Shao, Y., Li, J., A biomass-fired micro-scale CHP system with organic Rankine cycle
- 40 (ORC) – Thermodynamic studies, Journal of Biomass and energy 2011; 35: 3985-3994.  
 [15] He, M., Zhang, X., Zeng, K., Gay, K., A combined thermodynamic cycle used for waste heat recovery of internal combustion engine, Journal of Energy 2011; 36: 6821-6829.

- [16] Chacartegui, R., Munoz de Escalona, J.M., Sanchez, D., Monje, B., Sanchez, T., Alternative cycles based on carbon dioxide for central receiver solar power plants, *Journal of Applied Thermal Engineering* 2011; 31: 872-879
- 5 [17] Nafey, A.S., Sharaf, M.A., Combined solar organic Rankine cycle with reverse osmosis desalination process: Energy, exergy and cost evaluations, *Journal of Renewable Energy* 2010; 35: 2571-2580.
- [18] Al-Sulaiman, F. A., Dincer, I., Hamdullahpur, F., Energy analysis of a trigeneration plant based on solid oxide fuel cell and organic Rankine cycle, *Journal of Hydrogen Energy* 2010; 35: 5104-5113.
- 10 [19] Liu, H., Shao, Y., Li, J., A biomass-fired micro-scale CHP system with organic Rankine cycle (ORC) – Thermodynamic studies, *Journal of Biomass and energy* 2011; 35: 3985-3994] [Zhang, H.G., Wang, E.H., Fan, B. Y., A performance analysis of a novel system of a dual loop bottoming Organic Rankine Cycle (ORC) with a light-duty diesel engine, *Journal of Applied Energy* 2013, 102: 1504-1513.
- 15 [20] Al-Sulaiman, F. A., Dincer, I., Hamdullahpur, F., Energy analysis of a trigeneration plant based on solid oxide fuel cell and organic Rankine cycle, *Journal of Hydrogen Energy* 2010; 35: 5104-5113.
- [21] Hung, T.C., Wank, S.K., Kuo, C.H., Pei, B.S., Tsai, K.F., A study of organic fluids on system efficiency of an ORC using low-grade energy sources, *Journal of Energy* 2010, 35: 1403-1411.
- 20 [22] Chacartegui, R., Blanco, M.J., Munoz de Escalona, J.M., Sanchez, D., Sanchez, T., 2013, Performance assessment of Molten Carbonate Fuel Cell-Humid Air Turbine Hybrid systems, *Journal of Applied Energy* 2013; 102: 687-699.
- [23] Zhao, H., Yue, P., Performance analysis of humid air turbine cycle with solar energy for methanol decomposition, *Journal of Energy* 2011; 36: 2372-2380.
- 25 [24] Zhao, H., Pengxiu, Y., Study of humid air turbine cycle with external heat source for air humidification, *International Journal for Energy Research* 2010; 34: 523-534.

### Descripción detallada de la invención

30

La presente invención se refiere a un sistema de integración sencilla que mezcla corrientes en diseños de microturbina de gas regenerativa existentes con un saturador añadido (ciclo HAT) y uno/dos ciclos orgánicos de Rankine (ciclo ORC) en cola, con los correspondientes intercambiadores : regenerador (R1) y economizador (R2) en el ciclo HAT y

35 dos intercambiadores (H y RE) en cada ciclo ORC, de tal manera que según la configuración de integración y el fluido orgánico elegido, el rendimiento térmico del ciclo combinado alcanza valores superiores al 52%.

40

Además, se propone en la invención la integración de un subsistema de enfriamiento en el escape del conjunto basado en un sistema de enfriamiento mediante refrigerador de absorción para conseguir la condensación de una fracción del agua contenida en los gases de escape y recuperación parcial de la misma para su reutilización en el ciclo con la consiguiente

reducción del aporte de agua externo.

Se plantea una disposición de los intercambiadores de los sistemas HAT y ORC, donde la corriente de salida de la microturbina de gas es dividida en dos corrientes paralelas, una fracción evoluciona hacia el regenerador del ciclo HAT y el resto a un primer ciclo orgánico de Rankine de (ORC1). Según la configuración ambas corrientes pueden evolucionar por separado  
5 en paralelo o bien unirse después en la corriente de entrada a un segundo ciclo orgánico de Rankine (ORC2). La corriente de salida del ciclo ORC2, así como la corriente de salida del ciclo ORC1 en el caso que evolucione en paralelo, será parcialmente recuperada en el economizador para precalentar la corriente de agua de entrada al saturador. Según la configuración de parámetros en determinados casos puede ser interesante la incorporación de uno solo de los  
10 ciclos ORC indicados.

Con la turbina de gas de aire húmedo (HAT) como ciclo de cabeza, se consigue ceder calor para la regeneración y el precalentamiento de agua y con los ciclos ORC en cola se consigue recuperar parte de la energía de la corriente de salida de los gases de la microturbina  
15 para la producción adicional de energía eléctrica.

El fluido de trabajo de los ciclos ORC puede ser diferente y en función de su elección y de los parámetros del ciclo HAT, temperatura de entrada a la turbina, relación de compresión, el tren de intercambio tendrá una configuración que maximice el rendimiento del conjunto,  
20 maximizando el aprovechamiento del calor disponible en el escape al ajustar el intercambio de calor con los diferentes intercambiadores a los diferentes intervalos de temperatura: a elevada temperatura con el regenerador del ciclo HAT y a media/baja temperatura con los ciclos ORC y el economizador del ciclo HAT.

Las características del fluido orgánico del ciclo ORC (baja presión de vapor y mayor peso molecular que el agua) permiten alcanzar valores de rendimiento más alto que el ciclo de vapor cuando se dispone de fuentes de baja/media temperatura. La mayoría son refrigerantes o combustibles. Para esta aplicación se consideran preferentemente tolueno, benceno, isopentano, R245fa, dióxido de carbono, siloxanos, R134a, R1234y, aunque otros fluidos  
30 orgánicos pueden emplearse. El uso del regenerador en el ciclo ORC dependerá del fluido de trabajo siendo la condición económica que la diferencia de temperatura entre corrientes sea superior a 40°C.

Los rendimientos máximos alcanzados superan el 52% de rendimiento global para parámetros alcanzados en microturbinas comerciales, relaciones de compresión de 3 y temperaturas de entrada a turbina de 1050°C, siendo Tolueno el fluido de trabajo en el ciclo ORC1 y R245fa en el ciclo ORC2. La fracción del flujo óptimo de gases de salida de la turbina que se deriva al ciclo ORC1 es un 16%. Este valor que maximiza el rendimiento varía en función de las condiciones de operación y la configuración de los ciclos ORC.

Las ventajas que presenta esta nueva integración de ciclos son:

- A escala de pequeña y moderada potencia como la requerida para generación distribuida, el sistema presenta un rendimiento solo levemente inferior al obtenido en las plantas de gran potencia existentes. Según el esquema de integración y el fluido orgánico elegido el rendimiento térmico del ciclo combinado funcionando con una microturbina de gas regenerativa supera el 52 %.
- Es un sistema sencillo de integrar añadiendo un saturador que mezcle corrientes a diseños de microturbina existentes y Ciclos Orgánicos de Rankine con los correspondientes intercambiadores.
- Es un sistema económico que requiere una inversión relativamente baja comparado con otras tecnologías de generación distribuida.
- Es un sistema de generación de potencia de bajas emisiones de CO<sub>2</sub> debido al elevado rendimiento y de NO<sub>x</sub> debido al uso de aire húmedo en la cámara de combustión.

### **Ejemplo de realización de la invención**

En la figura 1 se muestra la configuración considerada con dos ciclos ORC: ORC1 en paralelo al regenerador de la turbina de gas R1 y recupera calor a media temperatura de una fracción de los gases de escape; ORC2 en serie tras el regenerador R2 que recupera calor a baja temperatura antes de que la corriente de gases de escape entre en el economizador del ciclo HAT. Según los parámetros de operación de diseño pueden estar presentes en el diseño ambos ciclos ORC1 y ORC2 o sólo uno de ellos.

El ciclo ORG puede emplear diferentes fluidos de trabajo, preferentemente tolueno, benceno, isopentano, R245fa, dióxido de carbono, siloxanos, R134a, R1234y.

La presente invención se ilustra adicionalmente mediante el siguiente ejemplo que no pretende ser limitativo del alcance de otras combinaciones y aplicaciones.

El flujo de gases de escape se divide justo a la salida de la turbina del ciclo HAT, una fracción de gases evoluciona hacia el ciclo ORC1 operando con tolueno y la salida del ciclo ORC1 y del regenerador R1 evolucionan hacia el ciclo ORC2 con R245fa como ciclo de trabajo. Se tienen los siguientes parámetros de los ciclos:

5      Ciclo HAT

- relación de compresión de 3
  - condiciones ambiente de 15°C y 1 bar
  - rendimientos isentrópico de turbina 0,87
  - rendimientos isentrópico de compresor 0,87
- 10      - Temperatura de entrada a turbina 1050 °C

Ciclo ORC

- rendimientos isentrópico de turbina 0,9
  - rendimientos isentrópico de bomba 0,85
- 15      - Temperatura máxima de entrada a turbina 212 °C

la fracción de gases que lleva a un rendimiento más elevado está entre el 10 y el 20% del total de los gases de escape y se alcanza un rendimiento global (sin incluir accionamiento de auxiliares aparte de bomba de ciclo HAT) del 52%, con un rendimiento del ciclo HAT del 33%,  
20      donde el 62% de la potencia del ciclo combinado es producida por el ciclo HAT.

**Descripción de las figuras**

Figura 1.- Configuración general con dos ciclos ORC

En la figura se muestra el esquema general del ciclo con las dos ubicaciones del ciclo orgánico, que pueden ser simultáneas o independientes según configuración. El esquema general incluye compresor, saturador, cámara de combustión, turbina así como un intercambiador de calor como regenerador (R1) en la turbina de gas que eleva la temperatura del aire húmedo antes de entrar en la cámara de combustión, un economizador (R2) que calienta el agua líquida antes de entrar en el saturador y dos ciclos ORC, uno para recuperación de calor a media temperatura (ORC1) paralelo a R1 y otro para recuperación de calor a baja temperatura (ORC2) en serie tras R1

25

30

R1: Regenerador

ORC1: Primer ciclo orgánico de Rankine media temperatura. Disposición en paralela a R1

ORC2: Segundo ciclo orgánico de Rankine baja temperatura. Disposición en serie R1.



R2: Economizador

P1: Bomba de alimentación de agua al circuito del saturador

M1: Mezclador de corrientes salida saturador, aporte de agua

5 Figura 2. Configuración de ciclo ORC

En la figura se muestra la configuración de los ciclos ORC con los siguientes elementos:

P2: Bomba de circulación

H: Intercambiador del calor principal.

RE: regenerador del ciclo ORC

10 T: Turbina

**Reivindicaciones**

1. Ciclo combinado para generación de energía eléctrica caracterizado por la integración de turbina de gas de aire húmedo, ciclo HAT, como ciclo de cabeza y ciclo orgánico de Rankine como ciclo de cola, con un elevado rendimiento para sistemas de generación de pequeña y mediana potencia.  
5
2. Ciclo combinado para generación de energía eléctrica según reivindicación anterior, caracterizado por integrar en el escape del ciclo HAT la configuración de ciclo ORC1 en paralelo a regenerador R1, evolucionando una fracción de los gases de escape hacia ORC1 maximizando el rendimiento del conjunto con recuperación de calor a media temperatura.  
10
3. Ciclo combinado para generación de energía eléctrica según reivindicación anterior, caracterizado por integrar en el escape del ciclo HAT la configuración de ciclo ORC2 en serie tras regenerador R1, recuperando calor a baja temperatura, siendo opcional según parámetros de diseño de conjunto.  
15
4. Ciclo combinado para generación de energía eléctrica según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los fluidos orgánicos de trabajo en el ciclo de cola, son refrigerantes o combustibles, preferentemente tolueno, benceno, isopentano, R245fa, dióxido de carbono, siloxanos, R134a, R1234y.  
20
5. Ciclo combinado para generación de energía eléctrica según reivindicaciones anteriores, caracterizado por la integración opcional de un subsistema de enfriamiento en el escape del conjunto basado en un sistema de enfriamiento mediante refrigerador de absorción para conseguir la condensación de una fracción del agua contenida en los gases de escape y recuperación parcial de la misma para su reutilización en el ciclo con la consiguiente reducción del aporte de agua externo.  
25

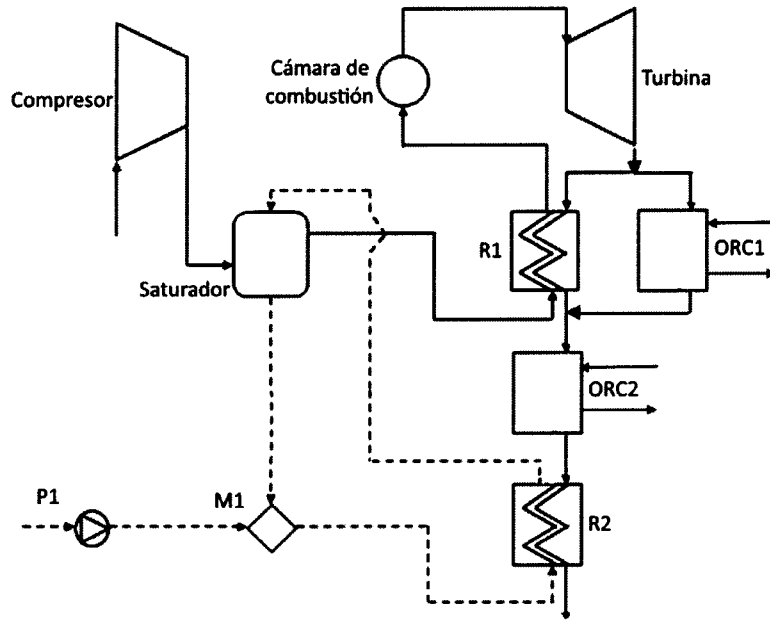


Figura 1

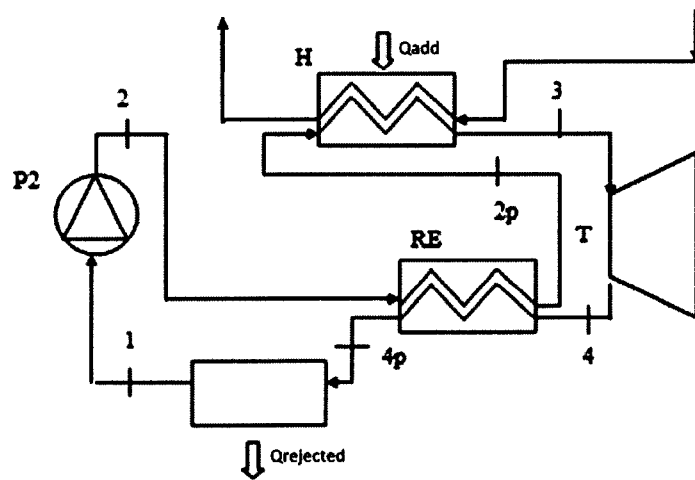


Figura 2



- ②① N.º solicitud: 201400732  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 05.09.2014  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F01K23/02** (2006.01)  
**F02C6/18** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2010199631 A1 (VILIMEC LADISLAV et al.) 12.08.2010, todo el documento.	1,4
X	US 2013199150 A1 (ZHANG JIANMIN et al.) 08.08.2013, párrafos [3],[13-18]; figura 1.	1
A	JP 2014129726 A (HITACHI LTD) 10.07.2014, resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; figuras.	1-5
A	EP 2243941 A2 (HITACHI LTD MITSUBISHI HITACHI POWER SYS) 27.10.2010, párrafos [1-2],[22]; figuras.	1,5
A	WO 2009142608 A2 (SIEMENS ENERGY INC et al.) 26.11.2009, resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; figuras.	1-5
A	US 8689566 B1 (CONEY MICHAEL) 08.04.2014, todo el documento.	1-5
A	US 2013047576 A1 (SANDER FRANK et al.) 28.02.2013, todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
23.09.2015

Examinador  
E. García Lozano

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F01K, F02C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.09.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-5	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 2,3,5	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1,4	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2010199631 A1 (VILIMEC LADISLAV et al.)	12.08.2010
D02	US 2013199150 A1 (ZHANG JIANMIN et al.)	08.08.2013
D03	JP 2014129726 A (HITACHI LTD)	10.07.2014
D04	EP 2243941 A2 (HITACHI LTD MITSUBISHI HITACHI POWER SYS)	27.10.2010
D05	WO 2009142608 A2 (SIEMENS ENERGY INC et al.)	26.11.2009
D06	US 8689566 B1 (CONEY MICHAEL)	08.04.2014
D07	US 2013047576 A1 (SANDER FRANK et al.)	28.02.2013

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La presente solicitud se refiere a un ciclo combinado para la generación de energía eléctrica, compuesto por un ciclo de turbina de gas de aire húmedo (ciclo HAT), y un ciclo orgánico de Rankine (ORC) como ciclo de cola (Reiv.1).

El ciclo orgánico Rankine se integra en el escape del ciclo HAT, en paralelo con el regenerador del primer ciclo (Reiv.2), pudiéndose ubicar otro segundo ciclo orgánico Rankine también en el escape del ciclo HAT pero en serie tras el regenerador (Reiv.3).

Opcionalmente, se puede ubicar en el escape del conjunto un subsistema de enfriamiento mediante refrigerador de absorción para condensar parte del agua en los gases de escape y reutilizarla en el ciclo (Reiv.5).

Por último, los fluidos orgánicos de trabajo en el ciclo de cola son: tolueno, benceno, isopentano, R245fa, dióxido de carbono, siloxanos, R134a, R1234y (Reiv.4).

En el estado de la técnica se han encontrado varios ciclos de turbina de gas de aire húmedo con ciclos Rankine en cola (ver documentos D01 y D02), si bien en estos documentos, no se menciona que los ciclos Rankine sean orgánicos. El empleo de ciclos combinados que incorporan ciclos Rankine orgánicos es ampliamente conocido en el sector de la técnica (ver documento D06), por lo que se considera que el empleo de este tipo de ciclos sería una opción evidente para el experto en la materia en función de las condiciones de operación esperadas en dicho sistema Rankine.

Lo mismo sucede con el empleo de determinados fluidos de trabajo, de acuerdo a la reivindicación 4 de la solicitud. Existen en el estado de la técnica numerosas divulgaciones sobre ciclos Rankine orgánicos que operan con alguno de estos fluidos (ver documento D05, cuyos ciclos Rankine pueden operar con isopentano o dióxido de carbono). Puesto que esta reivindicación puede depender de la independiente, el paso de un ciclo combinado con un ciclo HAT y otro ciclo Rankine a otro ciclo combinado con un ciclo HAT y un ciclo Rankine orgánico que opera con estos fluidos se considera una opción evidente a la que llegaría el experto en la materia sin el empleo de actividad inventiva.

Por lo que respecta a reivindicación 2, no se ha encontrado en el estado de la técnica ningún ciclo combinado a partir de un ciclo HAT y un Rankine orgánico en el que este segundo ciclo se configure en paralelo al regenerador del ciclo HAT. Esta configuración no resultaría evidente a partir de los documentos citados en el Informe del Estado de la Técnica, por lo que la reivindicación 2, y la 3 dependiente de ella, resultarían nuevas e inventivas.

Por último, tampoco se han encontrado ciclos combinados de las características de la reivindicación independiente en los que se añade un refrigerador de absorción para aprovechamiento de la energía de los gases de escape del conjunto. Si bien este tipo de equipos es conocido en ciclos simples, se considera que no existe ninguna evidencia ni indicación para su implementación en el ciclo combinado para generación de energía eléctrica, por lo que no resultaría evidente.

Por lo tanto, se considera que esta solicitud es nueva, pero únicamente las características recogidas en las reivindicaciones 2, 3 y 5 serían inventivas (Art. 6 y 8 Ley de Patentes).