

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 457 020**

51 Int. Cl.:

F02C 6/18 (2006.01)

C02F 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2003 E 03786685 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 1563173**

54 Título: **Sistema y método para la pasteurización de agua y generación de potencia**

30 Prioridad:

18.11.2002 US 427069 P

08.10.2003 US 509914 P

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

24.04.2014

73 Titular/es:

**RYAN, GREGORY B. (100.0%)
725 LYTTON STATION ROAD
GEYSERVILLE, CA 95441, US**

72 Inventor/es:

RYAN, GREGORY B.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 457 020 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

Sistema y método para la pasteurización de agua y generación de potencia

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere en general a la purificación de agua, y específicamente a la pasteurización de agua y generación de potencia de turbina.

Descripción de la técnica relacionada

15 Los métodos tradicionales para la purificación de aguas residuales incluyen la cloración, la exposición a los rayos ultravioleta (UV), y la ultra filtración. Desafortunadamente, existen algunas desventajas para cada uno de estos métodos.

20 La cloración implica el tratamiento de agua con cloro o un compuesto de cloro. Si la concentración de cloro es lo suficientemente elevada, el agua tratada tiende a oler y saber mal. Algunas personas se quejan del olor y del sabor de muy pequeñas cantidades de cloro. Además, la cloración puede ser perjudicial para la salud de las personas. Si los suministros de agua contienen compuestos húmicos, que se forman como parte de la descomposición de materiales orgánicos tales como hojas, hierbas, madera o desechos animales, la cloración de dicha agua puede producir trihalometanos (THM). Debido a que los THM están muy pocas veces asociados con aguas subterráneas, son principalmente una preocupación cuando se utilizan suministros de agua superficial. El consumo de por vida de
25 suministros de agua con THM a un nivel superior a 0,10 miligramos por litro es considerado, por la Agencia de Protección Ambiental, una posible causa de cáncer.

30 El tratamiento de agua por exposición a radiación ultravioleta es complicado y requiere de mantenimiento intensivo. Esto implica el uso de lámparas UV, que deben ser reemplazadas periódicamente. El tratamiento UV también utiliza, a menudo, reflectores para concentrar la luz UV hacia el agua. Tales reflectores se deben limpiar de vez en cuando. También, es generalmente deseable que el flujo de agua a través de las cámaras de tratamiento UV sea laminar, para promover la uniformidad de la exposición UV. Esto requiere el uso de deflectores y cámaras de tratamiento especialmente diseñadas, lo que aumenta los costes.

35 La filtración implica hacer que el agua fluya a través de una serie de filtros. Al igual que los tratamientos UV, la filtración es un mantenimiento intensivo. Los filtros se deben limpiar y/o reemplazar periódicamente. Además, la filtración es a menudo un proceso lento.

40 La pasteurización es otro método conocido adicional para purificar el agua. Implica calentar el agua a una temperatura de al menos 65-77 °C (150-170°F). La pasteurización se realiza normalmente a volúmenes bajos de agua, como en campamentos y otros lugares rurales remotos. Unidades de pasteurización de agua pequeñas, portátiles, solares o cocinas solares, se utilizan a veces para pasteurizar agua a partir del calor solar. En general, la pasteurización no se utiliza para el tratamiento de agua a gran escala debido a los altos costes asociados con el calentamiento de grandes cantidades de agua.

45 El documento US-A-4.571.949 muestra un sistema para calentar agua para producir vapor con el calor residual de un motor de turbina, el mismo no pasteuriza aguas residuales en sí. A pesar de que incluye un sistema de secado de lodos el método de secado se realiza con una temperatura de aproximadamente 600 °C.

Un objetivo de la invención es proporcionar un sistema y un método para la producción de potencia y la pasteurización de aguas residuales.

50 Sumario de la invención

Este objetivo se consigue mediante un sistema como se define en la reivindicación 1 y un método como se define en la reivindicación 8. Las realizaciones preferidas de los mismos se definen en las reivindicaciones dependientes.

55 Las realizaciones preferidas de la presente invención reconocen una nueva oportunidad para la síntesis entre los métodos previamente realizados de manera desigual de generación de potencia y pasteurización de agua. La realización ilustrada utiliza el calor que escapa de la generación de potencia de turbina para pasteurizar grandes cantidades de agua.

60 En un aspecto, la presente invención proporciona el sistema para la producción de potencia y la pasteurización de agua, que comprende una turbina, un generador de potencia, un primer y segundo intercambiadores de calor, y una fuente de calor. La turbina se configura para recibir un flujo de un fluido de trabajo, y el flujo de fluido de trabajo se configura para hacer girar los álabes y un eje de salida de la turbina. El generador de potencia se acopla al eje de salida de la turbina y se configura para convertir el giro del eje de salida en potencia. El primer intercambiador de calor tiene primera y segunda cámaras internas. La primera cámara se configura para recibir el fluido de trabajo que
65

sale de la turbina, mientras que la segunda cámara se configura para recibir agua, tal como agua residual sin tratar o incluso parcialmente caliente desde un depósito de aguas residuales municipales. Las cámaras del primer intercambiador de calor se configuran para permitir el intercambio de calor entre el fluido de trabajo dentro de la primera cámara y el agua dentro de la segunda cámara. El calor fluye desde el fluido de trabajo caliente hasta el agua comparativamente fría para elevar la temperatura del agua preferentemente hasta al menos una temperatura de pasteurización de agua. El segundo intercambiador de calor (20) tiene primera y segunda cámaras internas que se separan de forma fluida entre sí en el interior del intercambiador de calor. La primera cámara se configura para recibir el fluido de trabajo que sale de la turbina, mientras que la segunda cámara se configura para permitir el intercambio de calor entre el fluido de trabajo dentro de la primera cámara y las aguas residuales dentro de la segunda cámara para elevar la temperatura de las aguas residuales en la segunda cámara del segundo intercambiador de calor hasta un intervalo de temperatura de aproximadamente 65 °C a 100 °C (150°- 212°F), una temperatura de pasteurización de aguas residuales. La fuente de calor se configura para impartir calor al fluido de trabajo que fluye a través de la turbina y la primera cámara del intercambiador de calor. Normalmente, la fuente de calor imparte calor al fluido de trabajo aguas arriba del intercambiador de calor. En una realización preferida, la fuente de calor imparte calor al fluido de trabajo tanto aguas arriba como aguas abajo de la turbina.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un sistema para la producción de potencia eléctrica y la pasteurización de agua, que comprende un generador de potencia de turbina y un intercambiador de calor. El generador de potencia de turbina se configura para convertir un flujo de fluido de trabajo en potencia eléctrica. El intercambiador de calor tiene primera y segunda cámaras internas separadas de manera fluida. Como se utiliza aquí, "separar de manera fluida" las cámaras se refiere a cámaras configuradas de tal modo que no se permite que los fluidos se mezclen dentro de las cámaras. La primera cámara interna se configura para recibir un flujo de escape de fluido de trabajo desde el generador de turbina, mientras que la segunda cámara interna se configura para recibir agua. Las cámaras se configuran para permitir el intercambio de calor entre el fluido de trabajo dentro de la primera cámara y el agua dentro de la segunda cámara, para pasteurizar preferentemente agua dentro de la segunda cámara. En un aspecto más minimalista, el sistema comprende además una fuente de calor configurada para impartir calor al fluido de trabajo que fluye dentro del generador de turbina.

En otro aspecto adicional, la presente invención proporciona un método de producción de potencia y la pasteurización de agua. Un fluido de trabajo (en la realización ilustrada, el aire) se hace fluir a través de un generador de potencia de turbina. El flujo de fluido de trabajo hace que el generador de potencia de turbina genere potencia. Después de que el fluido de trabajo sale del generador de potencia de turbina, el fluido de trabajo se dirige en una primera de dos cámaras internas separadas de forma fluida de un segundo intercambiador de calor. Las cámaras se configuran para permitir el intercambio de calor entre el fluido de trabajo dentro de la primera cámara y el agua dentro de una segunda de las dos cámaras. El fluido de trabajo dentro de la primera cámara está a una temperatura mayor que una temperatura de pasteurización de agua. El agua se hace fluir a través de la segunda cámara del intercambiador de calor, el agua es inicialmente más fría que la temperatura de pasteurización de agua. Se permite que el agua que fluye a través de la segunda cámara absorba el calor del fluido de trabajo dentro de la primera cámara. La velocidad de flujo del agua que fluye a través de la segunda cámara del intercambiador de calor se controla de modo que la temperatura del agua se eleve hasta la temperatura de pasteurización.

En otro aspecto adicional, la presente invención proporciona un método de producción de potencia eléctrica y la pasteurización de agua. Se bombea aire a través de un generador de potencia de turbina. El aire hace que el generador de potencia de turbina genere potencia eléctrica. Después de que el aire sale del generador de potencia de turbina, el calor se transfiere del aire al agua, para elevar la temperatura del agua hasta al menos una temperatura de pasteurización de agua.

Con la finalidad de resumir la invención y las ventajas conseguidas sobre la técnica anterior, ciertos objetos y ventajas de la invención se han descrito anteriormente y, como tal, se describirán más adelante. Por supuesto, es de entenderse que no necesariamente todos esos objetos o ventajas pueden lograrse de acuerdo con cualquier realización particular de la invención. Por tanto, por ejemplo, los expertos en la materia reconocerán que la invención puede realizarse o llevarse a cabo de una manera que alcance u optimice una ventaja o grupo de ventajas como se enseña en el presente documento sin lograr necesariamente otros objetos o ventajas como puede enseñarse o sugerirse en el presente documento.

Todas estas realizaciones pretenden formar parte del alcance de la invención descrita en el presente documento. Estas y otras realizaciones de la presente invención serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas que hacen referencia a las figuras adjuntas, la invención no está limitada a ninguna realización o realizaciones particulares preferidas divulgadas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un sistema de pasteurización de agua y de generación de potencia de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un intercambiador de calor utilizado en las realizaciones preferidas de la presente invención;

5 La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de la invención en la que el gas digestor de las aguas residuales se utiliza como una fuente de calor adicional en el quemador en el ducto; y

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de la invención en la que el gas digestor de las aguas residuales se mezcla con la fuente de combustible de gas natural.

10 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Un método bien conocido para la producción de potencia eléctrica es hacer que un fluido, tal como vapor de agua o aire, fluya a altas velocidades a través de un generador de potencia de turbina. Un generador de potencia de turbinas comprende normalmente una turbina acoplada a un generador de potencia. La turbina incluye álabes de turbina y un eje de salida. El generador de potencia incluye normalmente un eje que se puede acoplar al eje de salida de la turbina. El eje del generador está equipado con imanes para convertir el giro del eje en potencia eléctrica. Normalmente, el fluido de trabajo se lleva a un estado gaseoso sobrecalentado para promover el flujo de velocidad más elevada a través de la turbina. El fluido fluye a través de los álabes de turbina para producir el giro de los ejes de la turbina y del generador. El movimiento consiguiente de los campos electromagnéticos de los imanes produce corriente eléctrica. El generador incluye normalmente un aparato adicional para capturar y almacenar la potencia generada. Existen aparatos y métodos más elaborados para la generación de potencia, que se basan en estos principios fundamentales.

25 Las realizaciones preferidas de la presente invención utilizan el calor del fluido de trabajo después de que ha salido del generador de potencia de turbina para pasteurizar el agua. Por lo tanto, las realizaciones preferidas de la actual invención reconocen una oportunidad para la sinergia entre la generación de potencia convencional y la pasteurización del agua.

30 La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un sistema de pasteurización de agua y de generación de potencia de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. El sistema 5 comprende un subsistema de pasteurización de agua 6 y un subsistema de generación de potencia 8, cada uno identificado por líneas discontinuas en la Figura 1. Como se explica más adelante, el subsistema de pasteurización de agua 6 recibe efluentes de aguas residuales 12 y proporciona agua limpia pasteurizada 30. Al mismo tiempo, el subsistema de generación de potencia 8 crea potencia eléctrica a partir de un flujo sobrecalentado de un fluido de trabajo, tal como aire o agua (pero preferentemente aire), a través de un generador de turbina 61. Ventajosamente, como se explica a continuación, el subsistema de pasteurización de agua 6 utiliza el calor que escapa del subsistema de generación de potencia 8, que es una porción de energía fácilmente segregada del subsistema de generación de potencia 8, creando una sinergia entre los dos subsistemas.

40 Esta memoria descriptiva comienza con una descripción de los componentes estructurales del sistema 5 y sigue con una explicación de la operación del sistema.

45 Los componentes principales del subsistema de pasteurización de agua 6 son un primer intercambiador de calor 16, un segundo intercambiador de calor 20, y un tanque de residencia 24. El subsistema 6 incluye un número de canales de flujo para la conexión entre estos componentes. La configuración estructural del subsistema 6 se explica a continuación.

50 El primer intercambiador de calor 16 se conecta a cuatro canales de flujo de agua como se explica a continuación. Como se utiliza aquí, un "canal de flujo" se refiere a uno o más pasos o cámaras de flujo, que pueden asumir cualquiera de una gran variedad de diferentes tamaños y configuraciones. El primer intercambiador de calor 16 incluye dos cámaras internas separadas de manera fluida. Una primera cámara sirve como un conducto entre un canal de flujo de entrada de aguas residuales 14 y un canal de flujo de agua precalentada 18, mientras que una segunda cámara sirve como un conducto entre un canal de flujo de agua pasteurizada 26 y un canal de flujo de salida de agua limpia 28. Aunque no se muestra en la Figura 1, las dos cámaras del primer intercambiador de calor 55 16 se configuran preferentemente, como se conoce en la técnica de intercambiadores de calor, para mejorar el intercambio de calor entre los fluidos dentro de las dos cámaras. Preferentemente, las dos cámaras se configuran para tener una gran área superficial de contacto entre sí para promover una mayor transferencia de calor entre las mismas.

60 La Figura 2 es una ilustración esquemática de un intercambiador de calor 80 adecuado para su uso con las realizaciones preferidas de la presente invención. En particular, el intercambiador de calor 80 es apropiado para su uso como el primer intercambiador de calor 16 y/o el segundo intercambiador de calor 20 (descrito a continuación) que se muestran en la Figura 1, así como cualquier intercambiador de calor adicional según se desee. El intercambiador de calor 80 incluye dos cámaras internas separadas de manera fluida A y B, con una interfaz 82 que separa las cámaras. El intercambiador de calor 80 incluye las entradas 84 y 88 y las salidas 86 y 90. La cámara A se conecta a la entrada 84 y a la salida 88, mientras que la cámara B se conecta a la entrada 88 y a la salida 90.

Aunque la Figura 2 se muestra como una representación bidimensional, se entenderá que el intercambiador de calor 80 es una estructura tridimensional. Como tal, las cámaras A y B son cámaras tridimensionales. Aunque la cámara B se muestra en dos porciones, se entenderá que la cámara B es una cámara contigua, como lo es la cámara A. Aunque la interfaz 82 de la ilustración esquemática se muestra como dos segmentos lineales simples, se entenderá

5 que la interfaz 82 se configura preferentemente para dar lugar a una gran área superficial de contacto entre la cámara A y la cámara B, para promover una mayor transferencia de calor entre las mismas. Las dos cámaras están separadas de forma fluida. Por lo tanto, un fluido 1 puede fluir a través de la cámara A por medio de la entrada 84 y de la salida 86 y un fluido 2 puede fluir a través de la cámara B por medio de la entrada 88 y de la salida 90, sin ninguna mezcla de los dos fluidos en el interior del intercambiador de calor 80.

10 Con referencia continuada a la Figura 1, el segundo intercambiador de calor 20 se conecta a dos canales de flujo de agua y dos canales de flujo de aire como se explica a continuación. Al igual que el primer intercambiador de calor 16, el segundo intercambiador de calor 20 incluye dos cámaras internas separadas de manera fluida. Una primera cámara sirve como un conducto entre el canal de flujo de agua precalentada 18 y un canal de flujo de agua pasteurizada 22. Una segunda cámara sirve como un conducto entre un canal de flujo de aire 66 y un canal de

15 emisiones de flujo de aire 68. Aunque no se muestra, las dos cámaras del segundo intercambiador de calor 20 se configuran preferentemente, como se conoce en la técnica de intercambiadores de calor, para mejorar el intercambio de calor entre los fluidos dentro de las dos cámaras. Preferentemente, las dos cámaras se configuran para tener una gran área superficial de contacto entre sí para promover una mayor transferencia de calor entre las mismas.

20 El canal de flujo de agua pasteurizada 22 sirve como un conducto entre el segundo intercambiador de calor 20 y el tanque de residencia 24. El canal de flujo de agua pasteurizada 26 conecta el tanque de residencia 24 a una de las cámaras internas del primer intercambiador de calor 16, como se ha explicado anteriormente. Uno o más de los canales de flujo de agua del subsistema de pasteurización 6 se pueden aislar completa o parcialmente para evitar la pérdida o ganancia de calor. En una realización, todos los canales de flujo están aislados. Por supuesto, preferentemente, no hay ningún aislamiento entre las cámaras en cada uno de los intercambiadores de calor.

25 Los principales componentes del subsistema de generación de potencia 8 son una fuente de combustible 42 (preferentemente gas natural), un compresor de gas 46, una bomba 41, una cámara de ignición de gas 50, el generador de turbina 61, y un quemador en el ducto 64. El subsistema 8 incluye también un número de canales de flujo para su conexión entre estos componentes. La configuración estructural del subsistema 8 se explica a continuación.

30 La fuente de combustible de gas 42 se conecta al compresor de gas 46 y al quemador en el ducto 64 a través de un canal de flujo de gas no comprimido 44. La fuente de combustible de gas 42 comprende, preferentemente, el gas natural, tal como metano, propano, o butano, pero otros son posibles. El compresor de gas 46 se conecta a la cámara de ignición de gas 50 a través de un canal de flujo de gas comprimido 48. La cámara de ignición de gas 50 se conecta también a un canal de flujo de aire 52 y a un canal de flujo de aire de entrada de la turbina 54. En la realización ilustrada, se proporciona la bomba 41 para bombear el aire 40 recibido en una entrada de la bomba 39

35 en el canal de flujo de aire 52. La cámara de ignición de gas 50 incluye preferentemente un quemador de gas natural (que tampoco se muestra), tal como un generador de chispa eléctrica, un generador de llama, u otro aparato similar. El canal de entrada de flujo de aire de la turbina 54 se conecta a una entrada del generador de turbina 61. En la realización ilustrada, el generador de turbina 61 incluye una turbina 56 que tiene un eje de salida 58 acoplado a un generador de potencia 60. Como se utiliza aquí, un "generador de turbina" es una combinación de una turbina y un

40 generador de potencia, el eje de salida de la turbina configurado para accionar el generador.

Una salida de fluido de la turbina 56 se conecta al quemador en el ducto 64 a través de un canal de flujo de aire de "escape" 62. El flujo de aire que sale de la turbina 56 en el canal de flujo de aire 62 se refiere a veces en la presente memoria descriptiva como el "escape de la turbina." El quemador en el ducto 64 se conecta también al canal de flujo

50 de aire antes mencionado 66 que conduce al segundo intercambiador de calor 20. El canal de emisiones de flujo de aire 68, que se conecta también al segundo intercambiador de calor 20, conduce a una pila 70 para la emisión de aire en el medio ambiente. Un sistema de supervisión continua de emisiones (CEM) 72, como se conoce en la técnica, se proporciona preferentemente para la supervisión de la calidad del aire en el canal de emisiones de flujo de aire 68. Uno o más de los canales de flujo de aire del subsistema de generación de potencia 8 se pueden aislar completa o parcialmente para evitar la pérdida o ganancia de calor. En una realización, todos los canales de flujo

55 están aislados.

A continuación se explicará la operación de todo el sistema 5, de acuerdo con una realización preferida de la invención. Como se ha mencionado anteriormente, el subsistema de generación de potencia 8 convierte el flujo de

60 aire sobrecalentado en potencia eléctrica. El aire 40 en o cerca de la temperatura ambiente (por ejemplo 15 °C (59°F)) se bombea preferentemente a través del canal de flujo de aire 52 en la cámara de ignición de gas 50. Simultáneamente, el gas natural a aproximadamente 6,9bar (100psig) fluye desde la fuente de combustible de gas 42 a través del canal de flujo de gas no comprimido 44 en el compresor de gas 46. El compresor 46 comprime el gas a una presión mucho más elevada (por ejemplo, 22bar (318psig)), de manera que el gas, cuando se enciende,

65 tendrá una capacidad de generación de calor aumentada en gran medida. El gas presurizado fluye a través del canal de flujo de gas comprimido 48 en la cámara de ignición de gas 50. En la cámara de ignición de gas 50, el gas

natural presurizado se mezcla con el aire 40. El medio de ignición del gas natural (no mostrado) enciende el gas natural presurizado en presencia del aire 40, liberando una gran cantidad de calor en el aire. Como resultado, el aire dentro de la cámara de ignición de gas 50 se lleva a un estado gaseoso sobrecalentado, presurizado. Bajo esta condición, el aire sobrecalentado (que incluye los humos de escape de la ignición) fluye a alta velocidad a través del canal de flujo de aire de entrada de la turbina 54 en la turbina 56. El flujo de aire sobrecalentado velocidades elevadas hace que los álabes de la turbina giren, produciendo el giro del eje de salida 58. El generador de potencia 60 convierte este giro en potencia eléctrica en la forma explicada anteriormente.

Después de que el aire sobrecalentado fluye a través de la turbina 56, continúa a través del canal de flujo de aire de escape 62 en el quemador en el ducto 64. El quemador en el ducto 64 recibe gas natural a través del canal de flujo de gas no comprimido 44. En una realización alternativa, el quemador en el ducto 64 puede recibir el flujo de gas comprimido desde el canal de flujo de gas comprimido 48. Al igual que la cámara de ignición de gas 50, el quemador en el ducto 64 incluye preferentemente un quemador de gas natural (no mostrado), tal como un generador eléctrico de chispas, un generador de llama, u otro aparato similar. Dentro del quemador en el ducto 64, el gas natural se enciende para impartir calor adicional al aire a medida que fluye hacia delante a través del canal de flujo de aire 66 en una de las dos cámaras internas del segundo intercambiador de calor 20. Se entenderá que el quemador en el ducto 64, aunque se prefiere, no es necesario. En el interior del segundo intercambiador de calor 20, el aire se enfría de manera significativa debido a intercambio de calor con el agua más fría, como se describe a continuación. El aire enfriado sale del segundo intercambiador de calor 20 a través del canal de misiones de flujo de aire 68. El aire enfriado se emite al medio ambiente a través de una pila 70.

Con el fin de cumplir con las normas de emisiones, el segundo intercambiador de calor 20 incluye preferentemente catalizadores para limpiar el aire antes de que se emita al medio ambiente a través de la pila 70. Preferentemente, un catalizador de reducción catalítica selectiva (SCR) se utiliza para la reducción de óxidos de nitrógeno (NOx). El catalizador SCR se puede utilizar junto con agentes de reducción, tales como compuestos a base de amonio u urea. Otros catalizadores se pueden utilizar también para cumplir con las normas de emisiones, tales como catalizadores de CO, como se conocen en la técnica. Como se ha mencionado anteriormente, un sistema de CEM 72 se utiliza preferentemente para la supervisión de la calidad del aire emitido en el medio ambiente a través de la pila 70, para asegurar el cumplimiento de las normas de emisiones.

En funcionamiento, el subsistema de pasteurización de agua 6 pasteuriza el efluente de aguas residuales 12 haciendo que las aguas residuales 12 fluyan a través de los intercambiadores de calor 16 y 20. Antes de entrar en el subsistema de pasteurización de agua 6, el efluente de aguas residuales 12 está en o cerca de la temperatura ambiente (por ejemplo, 15,5-18,9 °C (60-66°F)). Las aguas residuales 12 desembocan en una de las dos cámaras internas del primer intercambiador de calor 16 a través del canal de flujo de entrada de aguas residuales 14. Aunque no se muestra, se puede proporcionar una bomba para bombear las aguas residuales 12 en el canal de flujo de entrada 14. Como alternativa, las aguas residuales 12 pueden fluir en el canal de flujo de entrada 14 solamente por gravedad, mediante, por ejemplo, un tanque de recogida en posición vertical por encima del primer intercambiador de calor 16. En algunas configuraciones, se pueden proporcionar filtros para filtrar los residuos más grandes de las aguas residuales 12 antes de fluir al primer intercambiador de calor 16.

Se entenderá que puede haber otras estructuras y sistemas para transferir el calor del escape de la turbina a las aguas residuales sin pasteurizar. Por ejemplo, se puede proporcionar alternativamente un sistema de fluido de circulación cerrada para transferir calor del escape de la turbina en el interior del segundo intercambiador de calor 20 a las aguas residuales en el interior del primer intercambiador de calor 16. Otros sistemas y estructuras de intercambio de calor también son posibles.

Dentro de una de las dos cámaras internas del primer intercambiador de calor 16, las aguas residuales absorben el calor del agua pasteurizada, caliente dentro de la otra de las dos cámaras (se explica a continuación). Esto eleva la temperatura de las aguas residuales hasta un nivel de pasteurización o cerca de la pasteurización (por ejemplo, preferentemente al menos 54,4 °C (130°F), más preferentemente al menos 57,2 °C (135°F), y aún más preferentemente 60-64,4 °C (140-148°F)). El agua calentada fluye después a través del canal de flujo de agua precalentada 18 en una de las dos cámaras internas del segundo intercambiador de calor 20. En el segundo intercambiador de calor 20, el agua absorbe el calor adicional del aire caliente que fluye a través de la otra cámara interna del intercambiador de calor 20. Esto hace que la temperatura del agua se eleve aún más, hasta un nivel de pasteurización (por ejemplo, preferentemente 65,6-76,7 °C (150-170°F), más preferentemente al menos 71,1 °C (160°F), y aún más preferentemente 71,1-71,7 °C (160-161°F)). El agua pasteurizada fluye, a continuación, a través del canal de flujo de agua pasteurizada 22 en el tanque de residencia 24. Se apreciará que el tanque de residencia 24 se puede omitir del diseño o moverse aguas abajo del canal de flujo de agua de salida 28, para servir como un tanque de recogida en una etapa posterior. El agua pasteurizada continúa a través del canal de flujo de agua pasteurizada 26 dentro de la cámara interna del primer intercambiador de calor 16 que no contiene el efluente de aguas residuales entrante 12 del canal de flujo de entrada de aguas residuales 14. Como se ha explicado anteriormente, el agua pasteurizada calentada pierde calor en las aguas residuales más frías 12, haciendo que la temperatura del agua pasteurizada caiga, preferentemente de nuevo a aproximadamente la temperatura ambiente (por ejemplo, 24,4 °C (76°F)). El agua pasteurizada enfriada sale del primer intercambiador de calor 16 a través del canal de flujo de salida de agua limpia 28, como agua de salida limpia 30.

También se apreciará que se proporciona preferentemente un controlador de flujo para controlar la tasa de flujo de agua a través del segundo intercambiador de calor 20. Preferentemente, el flujo de agua a través del segundo intercambiador de calor 20 se controla de manera que el agua absorbe calor suficiente del flujo de aire de escape de la turbina para elevar la temperatura hasta una temperatura de pasteurización de agua, durante un período de tiempo suficiente para pasteurizar el agua.

En una realización preferida, el combustible de gas natural de la fuente de combustible de gas 42 y en el canal de flujo de gas no comprimido 44 está aproximadamente a 6,9bar (100psig) y proporciona aproximadamente 2081kW (7,1MMBtu/h) de potencia. Después de que el gas es presurizado en el compresor de gas 46, el mismo está preferentemente a aproximadamente 21,9bar (318psig) y proporciona aproximadamente 21.863kW (74,6MMBtu/h) de potencia. En una realización, el generador de turbina 61 es el TAURUS 70-T10301S, comercializado por Solar Turbines de San Diego, CA. A una altura de 71m (200 pies) sobre el nivel del mar, temperatura ambiente de 15 °C (59°F) y a una humedad del 60%, este generador de turbina particular tiene una potencia bruta de 7.160MW. Bajo todas estas condiciones, el aire de escape de la turbina en el canal de flujo de aire 62 tiene un caudal de aproximadamente 95,4kg/h (210.044libras/h) y una temperatura de aproximadamente 491 °C (916°F). Preferentemente, el calor adicional impartido a la del aire en el quemador en el ducto 64 a partir del gas natural en el canal de flujo de gas no comprimido 44 lleva la temperatura del aire a aproximadamente 557 °C (1034°F). En la realización preferida, el aire enfriado que sale del segundo intercambiador de calor 20 tiene una temperatura de aproximadamente 121 °C (250°F) y fluye a aproximadamente a 95,4kg/h (210,385libras/h) desde la pila 70.

En esta realización preferida, los intercambiadores de calor 16 y 20 y el tanque de residencia 24 se dimensionan y configuran para pasteurizar aproximadamente 37,8 millones de litros (10 millones de galones) de los efluentes de aguas residuales 12 por día. En otra realización preferida, el sistema se dimensiona y configura para pasteurizar el doble que la cantidad por día. El experto en la materia apreciará que la capacidad del sistema 5 se puede ajustar mediante la variación de los tamaños y calidades de transferencia de calor de los intercambiadores de calor 16 y 20, mediante la variación de los tamaños del tanque de residencia 24 y de los canales de flujo de agua, mediante la selección de diferentes combustibles de gas natural con diferentes capacidades de calentamiento, y/o mediante la selección de diferentes generadores de turbina 61 con diferentes características de flujo de aire de escape de la turbina. En las realizaciones preferidas, los intercambiadores de calor se configuran para pasteurizar preferentemente al menos 18,9 millones de litros (5 millones de galones), más preferentemente al menos 37,8 millones de litros (10 millones de galones), más preferentemente al menos 56,8 millones de litros (15 millones de galones), y aún más preferentemente al menos 75,6 millones de litros (20 millones de galones) de aguas residuales por día.

En realizaciones las preferidas, el agua se mantiene a la temperatura de pasteurización durante preferentemente al menos 2 segundos, más preferentemente al menos 5 segundos, más preferentemente al menos 10 segundos, y aún más preferentemente al menos 15 segundos. En general, cuanto más caliente es la temperatura del agua se requiere menos tiempo para su pasteurización. Se prefiere la pasteurización del agua a una temperatura de al menos 71,1 °C (160°F) durante al menos cinco segundos. A 93,3 °C (200°F), se prefiere un tiempo de pasteurización de al menos dos segundos. La temperatura de pasteurización de agua (es decir, la temperatura del agua en el canal de flujo de agua 22) es preferentemente 65,5-100 °C (150-212°F) y más preferentemente 68,5-93,3 °C (155-200°F). La pasteurización en el intervalo de 65,5-76,7 °C (150-170°F) es deseable porque temperaturas más altas requerirían una mayor generación de calor del subsistema de generación de potencia 8, lo que a su vez aumentaría los costes y/o disminuiría la tasa de producción. La temperatura de pasteurización de agua es preferentemente al menos 71,1 °C (160°F).

Se espera que la presente invención tenga una ventaja particular y de utilidad a nivel de ciudad. La invención permite que los municipios produzcan potencia y pasteuricen agua a nivel local de manera rentable. La potencia generada puede complementar la potencia comprada a las más grandes compañías eléctricas. El agua pasteurizada se puede utilizar para fines locales. Tal como se utiliza a nivel local o de ciudad, la turbina 56 del sistema de pasteurización de agua y de generación de potencia 5 tiene preferentemente un tamaño relativamente pequeño. En una realización, la turbina 56 es capaz de producir hasta 50MW de potencia, y más preferentemente hasta 1.000MW de potencia. En una realización preferida, el sistema de pasteurización de agua y de generación de potencia 5 es capaz de tratar aproximadamente 757.000 litros (200.000 galones) de agua por cada megavatio de potencia generada. El sistema 5 es preferentemente capaz de tratar preferentemente al menos 378.000 litros/MW (100.000 galones/MW) y más preferentemente al menos 1.893.000 litros/MW (500.000 galones/MW) de potencia generada. El sistema 5 es más preferentemente capaz de tratar 757.000-5.687.000 litros/MW (200.000-1.500.000 galones/MW) de potencia generada. En una realización preferida, el sistema es capaz de tratar 5,3 millones de litros/MW (1,4 millones de galones/MW) de potencia generada.

El experto en la materia apreciará que no es necesario que el subsistema de pasteurización de agua 6 incluya dos intercambiadores de calor tal como se enseña en el presente documento. Por ejemplo, las aguas residuales 12 se podrían pasteurizar mediante el uso de un único intercambiador de calor que recibe el flujo de aire de escape de la turbina (por ejemplo, eliminar el primer intercambiador de calor 16 e introducir las aguas residuales 12 directamente en el segundo intercambiador de calor 20). Sin embargo, se prefieren dos intercambiadores de calor, ya que aumenta la capacidad de pasteurización del subsistema 6 de manera significativa. Si se utiliza un único

intercambiador de calor, se debe elevar la temperatura de las aguas residuales 12 desde o cerca de la temperatura ambiente hasta al menos la temperatura de pasteurización de 65,5-71,7 °C (150-170°F), un incremento de aproximadamente 55,6 °C (100°F). Con el fin de aumentar la temperatura del agua en esta medida, el caudal de agua a través del único intercambiador de calor se debe limitar, de modo que el agua absorbe suficiente calor desde el flujo de aire de escape de la turbina. En la configuración de un solo intercambiador de calor, se estima que el sistema 5 puede pasteurizar 946.000 litros (250.000 galones) de agua por megavatio de potencia generada. Sin embargo, mediante la utilización de dos intercambiadores de calor 16, 20 como se ilustra, es posible que el primer intercambiador de calor 16 precaliente las aguas residuales 12 a aproximadamente 60 °C (140°F). Por lo tanto, el segundo intercambiador de calor 20 solamente tiene que aumentar la temperatura del agua en 6-17,8 °C (10-31°F) (preferentemente hasta 65,5-72,2 °C (150-171°F), más preferentemente hasta 71,1-71,7 °C (160-161°F)). Esto permite un caudal de agua más elevado. Se estima que con dos intercambiadores de calor, el sistema 5 puede pasteurizar 5,3 millones de litros (1,4 millones de galones) de agua por megavatio de potencia generada. Otra ventaja de utilizar dos intercambiadores de calor es que el agua pasteurizada se enfría hasta aproximadamente la temperatura ambiente. Aunque la realización ilustrada utiliza dos intercambiadores de calor, el experto en la materia apreciará que el sistema 5 puede incluir cualquier número de intercambiadores de calor conectados en serie en la manera mostrada en la Figura 1.

Aunque la realización ilustrada utiliza gas natural para calentar el aire que fluye en y sale del generador de turbina, se apreciará que los beneficios de la invención también se pueden obtener mediante el uso de fuentes alternativas de generación de calor, tales como energía nuclear o carbón de combustión. Se apreciará que cualquiera de varias formas de energía diferentes se puede utilizar para calentar el aire que fluye en y sale del generador de turbina.

Con referencia continuada a la Figura 1, el sistema de pasteurización de agua y de generación de potencia 5 puede utilizar el denominado "gas digestor" de las aguas residuales precalentadas y oxidadas como una fuente de combustible para calentar el fluido de trabajo del subsistema de generación de potencia 8. Preferentemente, las aguas residuales 12 se precalientan y se oxidan antes de entrar en el primer intercambiador de calor 16. El precalentamiento y la oxidación promueven el crecimiento de bacterias y hacen que las aguas residuales liberen el gas digestor, normalmente gas metano. Cuando se enciende, el gas digestor es capaz de impartir calor adicional al fluido de trabajo.

La Figura 3 muestra una realización de un sistema de la invención que utiliza gas digestor como una fuente de calor adicional para el fluido de trabajo del subsistema de generación de potencia, en el que el gas digestor se envía al quemador en el ducto 64. Las aguas residuales 12 se recogen de forma preliminar en una cámara o tanque 95. Como se ha mencionado anteriormente, las aguas residuales 12 se precalientan y/u oxidan para efectuar la liberación de gas digestor en un canal de flujo de gas digestor 96 que se conecta a un compresor de gas 97. Es deseable la compresión del gas digestor con el fin de elevar la capacidad de producción de calor del gas digestor, preferentemente hasta un nivel compatible con el del gas natural 42 en la realización preferida. Después de que el gas digestor se comprime dentro del compresor 97, se hace fluir a través de un canal de flujo de gas digestor 98 en el quemador en el ducto 64, donde se mezcla con el gas natural 42 del canal de flujo de gas natural 44, en la realización preferida. En una realización alternativa, el compresor 97 se omite en el diseño, preferentemente con un solo canal de flujo de gas digestor sin obstrucciones desde el tanque 95 hasta el quemador en el ducto 64.

La Figura 4 muestra otra realización que utiliza gas digestor como una fuente de calor adicional para el fluido de trabajo del subsistema de generación de potencia, en el que el gas digestor se mezcla directamente con la fuente de combustible de gas natural 42 de la realización preferida. El gas digestor fluye desde el tanque 95 a través de un canal de flujo de gas digestor 99 y en un compresor de gas 100. Después de que el gas digestor se comprime dentro del compresor 100, se hace fluir a través de un canal de flujo de gas digestor 101 directamente hasta la fuente de gas natural 42 en la realización preferida. En esta realización, el gas digestor se mezcla con el fluido de trabajo aguas arriba de la turbina 56. En algunos casos, la introducción del gas digestor en la turbina 56 puede presentar un riesgo de daño de la turbina y/o puede degradar el rendimiento de la turbina, en cuyo caso la realización de la Figura 3 es más preferible que la de la Figura 4. Sin embargo, cuando no hay riesgo de que el gas digestor dañe la turbina (o cuando tal riesgo es insignificante), la realización de la Figura 4 puede ser preferible en algunos casos. En una realización alternativa, el compresor 100 se omite en el diseño, preferentemente con un solo canal de flujo de gas digestor sin obstrucciones desde el tanque 95 hasta la fuente de combustible de gas natural 42 de la realización preferida.

Las diversas características de la presente invención se pueden utilizar individualmente, o en combinación con otras características de la presente invención distinto a como se ha descrito expresamente más arriba. Por lo tanto, se pretende que el alcance de la presente invención divulgada en el presente documento no se limite a las realizaciones particularmente divulgadas descritas anteriormente, sino que debe determinarse solamente por una lectura imparcial de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la producción de potencia y la pasteurización de aguas residuales, que comprende:

5 una turbina (56) configurada para recibir un flujo de un fluido de trabajo (40), configurado el flujo de fluido de trabajo para girar los álabes y un eje de salida (58) de la turbina (56);
 un generador de potencia (60) acoplado al eje de salida de la turbina (58) y configurado para convertir el giro del eje de salida (58) en potencia;
 una fuente de aguas residuales (12);
 10 un primer intercambiador de calor (16) que tiene primera y segunda cámaras internas separadas de forma fluida, estando las cámaras del primer intercambiador de calor (16) configuradas para permitir el intercambio de calor entre las aguas residuales dentro de la primera cámara del primer intercambiador de calor y las aguas residuales pasteurizadas dentro de la segunda cámara del primer intercambiador de calor, teniendo la primera cámara del primer intercambiador de calor (16) una entrada configurada para recibir las aguas residuales de la fuente de aguas residuales (12) y una salida conectada a un segundo intercambiador de calor (20), teniendo la segunda cámara de la primer intercambiador de calor (16) una entrada conectada para recibir las aguas residuales pasteurizadas expulsadas de una salida del segundo intercambiador de calor (20), teniendo también la segunda cámara del primer intercambiador de calor (16) una salida configurada para expulsar las aguas residuales pasteurizadas;
 20 el segundo intercambiador de calor (20) que tiene primera y segunda cámaras internas que están separadas de forma fluida entre sí en el interior del intercambiador de calor (20), estando la primera cámara configurada para recibir el fluido de trabajo que sale de la turbina, estando la segunda cámara configurada para recibir las aguas residuales de una salida del primer intercambiador de calor (16), estando las cámaras configuradas para permitir el intercambio de calor entre el fluido de trabajo dentro de la primera cámara y las aguas residuales dentro de la segunda cámara para elevar la temperatura de las aguas residuales en la segunda cámara del segundo intercambiador de calor (20) hasta un intervalo de temperatura de aproximadamente 65 °C a 100 °C (150°-212°F), una temperatura de pasteurización de aguas residuales; y
 25 una fuente de calor conectada operativamente para impartir calor al fluido de trabajo que fluye a través de la turbina (56) y de la primera cámara del segundo intercambiador de calor (20).

30 2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además:

un compresor de gas (46) que tiene una entrada y una salida, estando la entrada del compresor de gas conectada a una salida de una fuente de combustible de gas natural (42), el compresor de gas (46) configurado para comprimir el gas natural recibido de la fuente de combustible de gas natural (42) y permitir que el gas natural comprimido fluya a través de la salida del compresor de gas; y
 35 una cámara de ignición de gas natural (50) que tiene una entrada de gas natural conectada a la salida del compresor de gas (46) y una entrada de fluido de trabajo configurada para recibir fluido de trabajo, teniendo la cámara de ignición de gas natural una salida conectada a una entrada de la turbina, incluyendo la cámara de ignición de gas natural un quemador de gas natural para quemar el combustible de gas natural para impartir calor al fluido de trabajo dentro de la cámara de ignición de gas natural.

45 3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el quemador de gas natural de la cámara de ignición de gas natural comprende uno de un generador de chispa eléctrica y un generador de llama.

4. El sistema de la reivindicación 2, que comprende además una cámara de ignición de gas natural (64) adicional que tiene una primera entrada conectada a la fuente de combustible de gas natural (42) y una segunda entrada conectada a una salida de la turbina, teniendo la cámara de ignición de gas natural adicional una salida conectada a la primera cámara del intercambiador de calor (20), incluyendo la cámara de ignición de gas natural adicional un quemador de gas natural para quemar el combustible de gas natural para impartir calor al fluido de trabajo dentro de la cámara de ignición de gas natural adicional.

5. El sistema de la reivindicación 4, en el que la cámara de ignición de gas natural adicional comprende un quemador en el ducto (64).

55 6. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además catalizadores para limpiar el fluido de trabajo dentro de la primera cámara del intercambiador de calor de manera que la calidad del fluido de trabajo en la primera cámara del intercambiador de calor se adapta a las normas de emisiones.

60 7. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un sistema de supervisión continua de emisiones (72) para el seguimiento de la calidad del fluido de trabajo expulsado de la salida de la primera cámara del intercambiador de calor.

8. Un método de producción de potencia y pasteurización de aguas residuales, que comprende:

65 hacer que un fluido de trabajo fluya a través de un generador de potencia de turbina (56, 60), haciendo el flujo de

- fluido de trabajo que el generador de potencia de turbina (56, 60) genere potencia;
 después de que el fluido de trabajo sale del generador de potencia de turbina, dirigir el fluido de trabajo en una
 primera de dos cámaras internas separadas de forma fluida de un segundo intercambiador de calor (20), las
 cámaras configuradas para permitir el intercambio de calor entre el fluido de trabajo dentro de la primera cámara
 5 y las aguas residuales dentro de una segunda de las dos cámaras, estando el fluido de trabajo dentro de la
 primera cámara a una temperatura mayor que una temperatura de pasteurización de aguas residuales;
 hacer que las aguas residuales fluyan a través de la segunda cámara del segundo intercambiador de calor,
 estando las aguas residuales inicialmente más frías que la temperatura de pasteurización de aguas residuales;
 10 permitir que las aguas residuales que fluyen a través de la segunda cámara absorban el calor del fluido de
 trabajo dentro de la primera cámara;
 hacer que las aguas residuales sin pasteurizar fluyan a través de una primera de dos cámaras internas
 separadas de forma fluida de un primer intercambiador de calor (16), las cámaras del primer intercambiador de
 calor configuradas para permitir el intercambio de calor entre las aguas residuales sin pasteurizar dentro de la
 15 primera cámara del primer intercambiador de calor y las aguas residuales pasteurizadas dentro de una segunda
 de las dos cámaras del primer intercambiador de calor;
 permitir que las aguas residuales no pasteurizadas que fluyen a través de la primera cámara del primer
 intercambiador de calor absorban el calor de las aguas residuales pasteurizadas dentro de la segunda cámara
 del primer intercambiador de calor;
 20 hacer que las aguas residuales sin pasteurizar dentro de la primera cámara del primer intercambiador de calor
 fluyan desde el primer intercambiador de calor a la segunda cámara del segundo intercambiador de calor; y
 controlar el caudal de las aguas residuales que fluyen a través de la segunda cámara del intercambiador de calor
 de modo que la temperatura de las aguas residuales se eleve hasta un intervalo de temperatura de
 aproximadamente 65 °C a 100 °C (150°- 212°F), la temperatura de pasteurización de aguas residuales.
- 25 9. El método de la reivindicación 8, que comprende además calentar el fluido de trabajo antes de que fluya en el
 generador de potencia de turbina.
10. El método de la reivindicación 9, en el que calentar el fluido de trabajo comprende mezclar el fluido de trabajo
 con combustible de gas natural quemado.
- 30 11. El método de la reivindicación 10, que comprende además comprimir el combustible de gas natural en el interior
 de un compresor de gas antes de mezclar el combustible de gas natural con el fluido de trabajo.
12. El método de la reivindicación 9, en el que calentar el fluido de trabajo comprende hacer que el fluido de trabajo
 35 absorba el calor del carbón de combustión.
13. El método de la reivindicación 9, en el que calentar el fluido de trabajo comprende hacer que el fluido de trabajo
 absorba energía nuclear.
- 40 14. El método de la reivindicación 8, que comprende además calentar el fluido de trabajo después de que sale del
 generador de potencia de turbina y antes de que entre en la primera cámara del intercambiador de calor.
15. El método de la reivindicación 8, en el que la temperatura de pasteurización es 65°- 76 °C (150°-170°F).
- 45 16. El método de la reivindicación 8, en el que la temperatura de pasteurización es de al menos 71 °C (160°F).
17. El método de la reivindicación 8, que comprende además hacer que las aguas residuales que fluyen a través de
 la segunda cámara del intercambiador de calor se mantengan una temperatura de al menos 71 °C (160°F) durante al
 menos cinco segundos.
- 50 18. El método de la reivindicación 8, que comprende además la pasteurización de al menos 757 m³ (200.000
 galones) por día de aguas residuales por megavatio de potencia generada.
19. El método de la reivindicación 8, que comprende además la pasteurización de al menos 1.892 m³ (500.000
 55 galones) por día de aguas residuales por megavatio de potencia generada.
20. El método de la reivindicación 8, que comprende además:
 60 calentar y oxidar las aguas residuales antes de que fluyan a través de la segunda cámara del intercambiador de
 calor (16) de manera que las aguas residuales liberan gas digestor;
 hacer que el gas digestor se mezcle con el fluido de trabajo; y
 quemar el gas digestor en presencia del fluido de trabajo de manera que el gas digestor imparta calor al fluido de
 trabajo.
- 65 21. El método de la reivindicación 20, que comprende además mezclar el gas digestor con gas natural antes de
 dicha etapa de hacer que el gas digestor se mezcle con el fluido de trabajo.

22. El método de la reivindicación 20, que comprende además comprimir el gas digestor antes de dicha etapa de hacer que el gas digestor se mezcle con el fluido de trabajo.

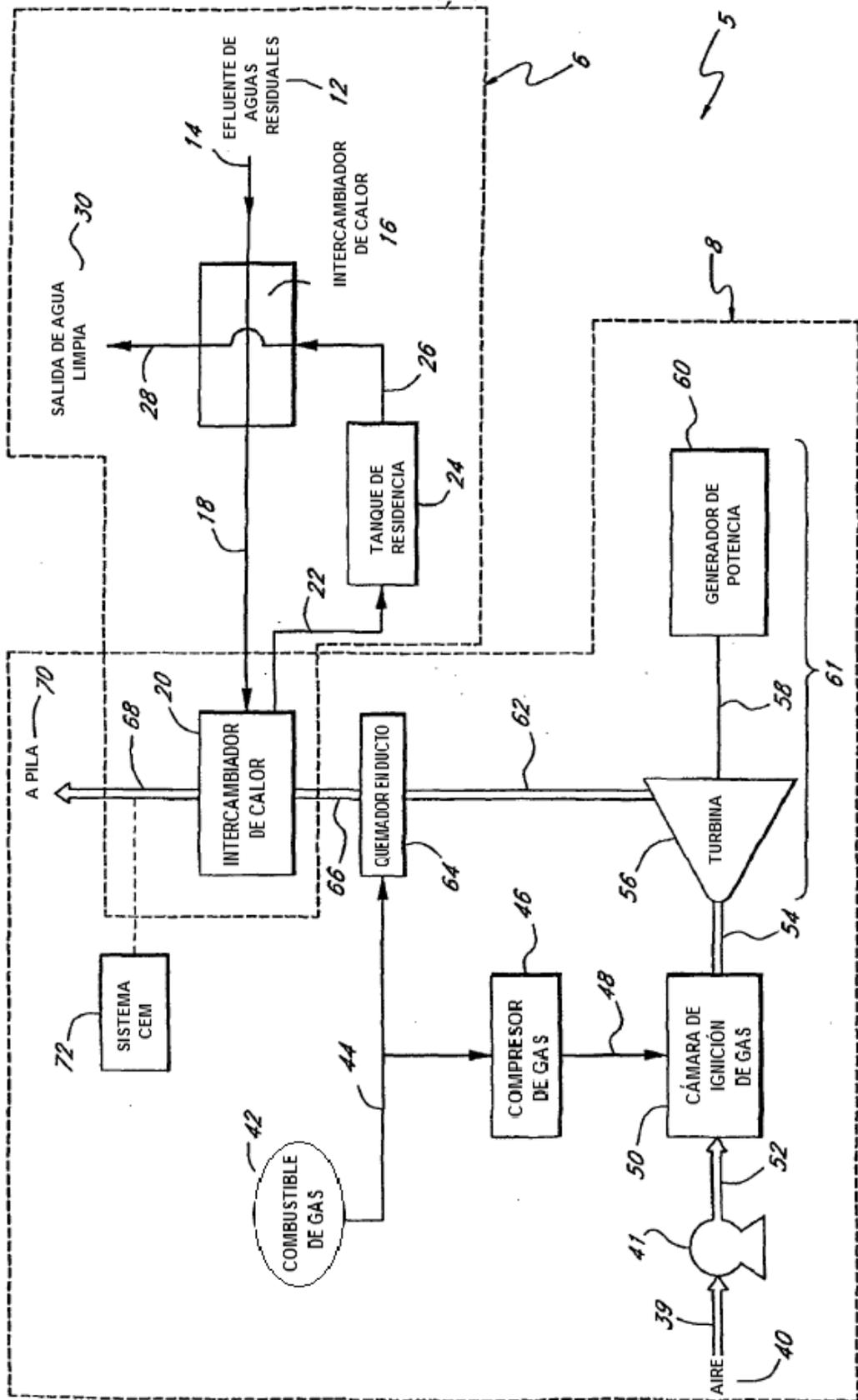


FIG. 1

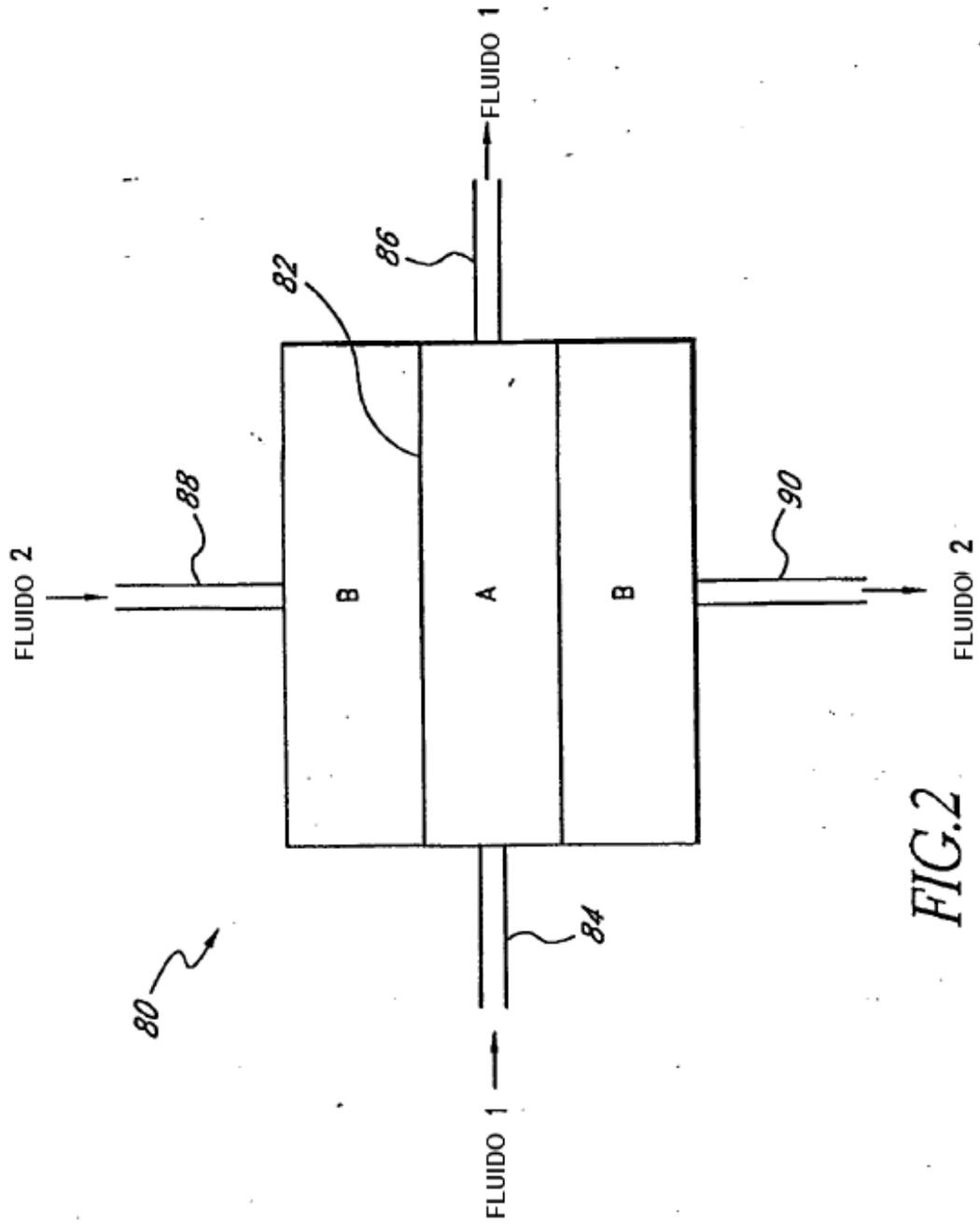


FIG.2

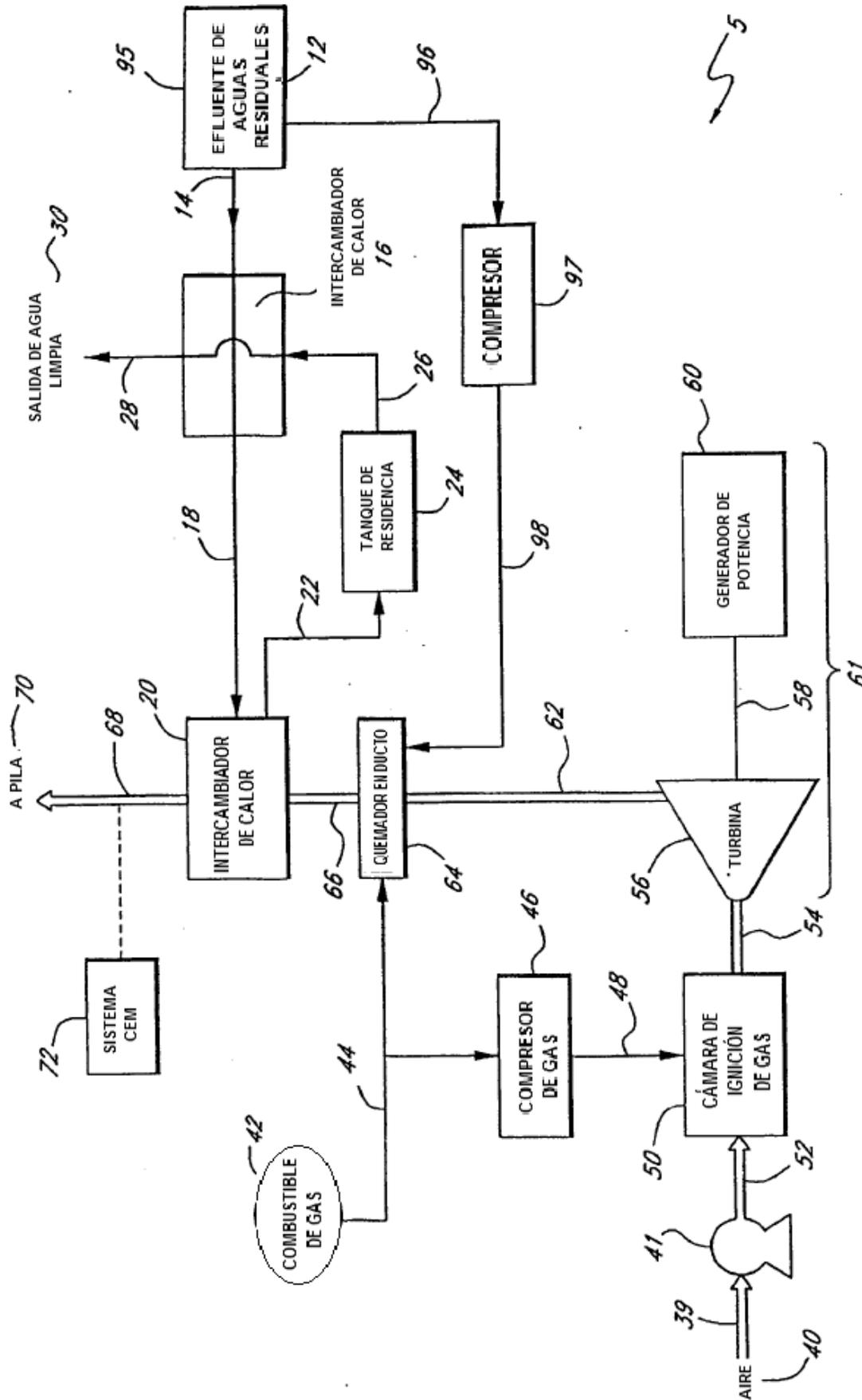


FIG. 3

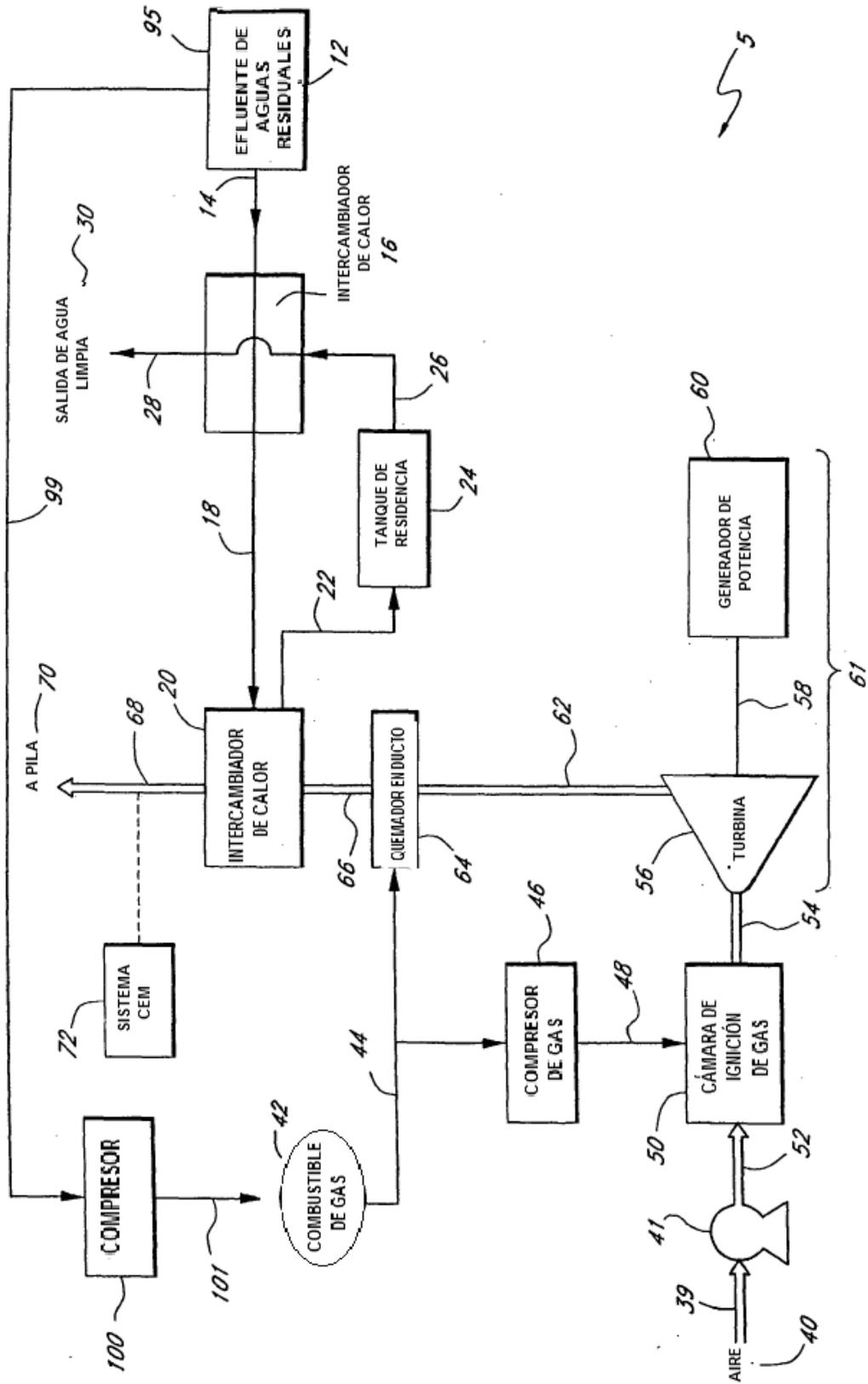


FIG. 4