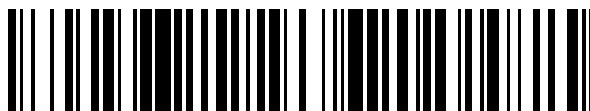


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 752**

51 Int. Cl.:

**F03D 3/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2016** **E 16196917 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 3318750**

54 Título: **Perfil aerodinámico y aparato de turbina**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.04.2020**

73 Titular/es:

**CAREN MEICNIC TEORANTA (100.0%)**  
**13, Eaton Brae, Shankill**  
**Dublin D18 H9Y9, IE**

72 Inventor/es:

**CAREN, COLM JOSEPH**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E**  
**INVENCIONES, SLP**

**ES 2 751 752 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

Perfil aerodinámico y aparato de turbina

5 La presente invención se refiere a un perfil aerodinámico para un movimiento relativo en un fluido ambiente y a un aparato de turbina que tiene un perfil aerodinámico.

10 Aparte de los procesos nucleares y de las mareas, toda la energía en la Tierra se puede describir como derivada del propio sol, o bien directamente o bien almacenada durante períodos de tiempo considerables. Cuando el sol ilumina el planeta, la energía provoca muchos procesos, siendo los efectos climáticos los más evidentes, y se sabe bien que la vida, tanto animal como vegetal, es sostenida por esta fuente. Si bien la mayoría de la energía solar se usa para calentar el vasto sistema en torno al sol, una gran proporción de la energía del sol da como resultado la evaporación de agua, tal como de masas de agua grandes. Esta evaporación produce precipitaciones y mantiene una vasta cantidad de vapor de agua, una pequeña proporción del cual puede acumularse para formar nubes de condensación.  
15 Las fuentes de energía convencionales derivan de procesos clorofílicos y otros procesos orgánicos, que usan menos del 1 % de la energía solar.

20 Se sabe que los molinos de viento de energía renovable aprovechan los procesos de evaporación y de condensación para generar trabajo y potencia. Los desarrollos más recientes son el motor de expansión precalentada de Barton y la turbina eólica EOLA. Estas máquinas se usan para suministrar energía (la hecha por Barton) y agua (la turbina EOLA) en circunstancias limitadas. El motor de Barton requiere aire seco precalentado y una evaporación de agua a una eficiencia energética de grado sumamente bajo y se limita a escapes de turbina o aire seco precalentado, tales como matrices solares. La EOLA es una turbina de aire convencional unida a una unidad de acondicionamiento de aire convencional. En el documento DE4134062 puede hallarse un ejemplo de la técnica anterior.

25 Los dispositivos conocidos se basan en la velocidad intermitente del viento y/o una fuente de energía secundaria, tal como la energía solar, para la producción de energía, lo cual requiere un generador de energía convencional de reserva. Un objeto de la presente invención es la provisión de un perfil aerodinámico y un aparato de turbina que avanza, al menos parcialmente, hacia la superación de los problemas anteriores y/o que dotará de una alternativa útil  
30 al público y/o a la industria.

Algunos aspectos adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción posterior, que se da solo a modo de ejemplo.

35 De acuerdo con la invención, se proporciona un perfil aerodinámico de turbina para un movimiento relativo en un fluido ambiente, que comprende:

40 un larguero principal que tiene una forma en sección transversal de un perfil aerodinámico con una pared lateral superior y una pared lateral inferior, un borde anterior, un borde posterior y una línea de curvatura que se extiende desde el borde anterior al borde posterior, el movimiento del perfil aerodinámico con respecto al fluido ambiente de tal modo que el fluido ambiente fluye sobre el larguero principal en una dirección aguas abajo desde el borde anterior al borde posterior, y medios de descarga que se pueden operar para descargar un fluido hacia fuera al fluido ambiente que fluye sobre el larguero principal;

45 caracterizado por que una pared lateral del larguero principal comprende, de forma secuencial desde el borde anterior al borde posterior, una primera formación de colina y una segunda formación de colina, comprendiendo cada formación de colina una primera región de una distancia progresivamente creciente desde la línea de curvatura, una segunda región de una distancia progresivamente decreciente desde la línea de curvatura y una cresta en una superficie de separación entre la primera y la segunda regiones,

50 por medio de lo cual, la primera región de la primera formación de colina se puede operar para interactuar con el fluido ambiente para acelerarlo de una velocidad relativa subsónica alta a una velocidad relativa sónica por encima de la cresta de la primera formación de colina y una velocidad supersónica después de la cresta de la primera formación de colina;

55 los medios de descarga descargan un fluido evaporativo para que se evapore en el fluido ambiente antes de la aparición de condensación en la segunda región de la primera formación de colina, dicha segunda región de la primera formación de colina interactúa con el fluido ambiente para acelerar el fluido ambiente de una velocidad relativa supersónica a una velocidad relativa supersónica mayor;

60 la primera región de la segunda formación de colina se puede operar para interactuar con el fluido ambiente para decelerar y mantener el fluido ambiente a una velocidad relativa supersónica sobre la cresta de la segunda formación de colina, y

65 los medios de descarga se pueden operar además para descargar un fluido de condensación para captar o nuclear el choque de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la segunda región de la segunda formación de colina lo que decelera el fluido ambiente de una velocidad relativa supersónica a una velocidad relativa subsónica y genera una presión sobre la pared lateral e imparte de ese modo empuje sobre el perfil aerodinámico.

La presente invención proporciona un perfil aerodinámico para producir trabajo y potencia directamente de la humedad

en el aire. Esta no depende de la velocidad del viento y su fuente de energía se deriva directamente de la atmósfera ambiental, que siempre se encuentra disponible. Además, la humedad condensada es una fuente abundante de agua y, durante el uso, permite la refrigeración, el acondicionamiento de aire y la superconducción criogénica. Por último, el calor residual se puede usar para requisitos locales inmediatos.

5 El diseño característico del perfil aerodinámico proporciona dos formaciones de colina montadas a lo largo de su longitud. La primera de estas formaciones de colina acelera el flujo del fluido ambiente hasta que alcanza la velocidad del sonido. Después de la primera formación de colina, el número de Mach continúa aumentando de forma supersónica a medida que aumenta el área. El fluido evaporativo, tal como una pulverización de gotitas de agua, se descarga al ambiente, o bien a lo largo del descenso o bien en la parte inferior de la primera formación de colina. Estas se evaporan, lo que da lugar a que el aire se enfríe. Esto a su vez acelera adicionalmente el flujo ambiente y disminuye la presión. Sobre la segunda formación de colina, la presión menor da lugar a un empuje. A medida que el flujo se mueve con respecto a la segunda formación de colina, el número de Mach disminuye a lo largo de la primera región y, entonces, aumenta a medida que desciende a lo largo de la segunda región. En un punto a lo largo de esta segunda formación de colina, el número de Mach alcanza el número de Mach de condensación. En este punto, o antes del mismo, se descarga un fluido de condensación, dando lugar a que el contenido de agua del aire se condense, liberando calor. Eso dará lugar a una disminución en el número de Mach y a un aumento en la presión. La presión aumentada sobre la segunda región de la segunda colina producirá un empuje que se puede usar para girar un rotor.

20 La presente invención concierne a un perfil aerodinámico y a un aparato de turbina que se puede operar para controlar la condensación y la evaporación del aire ambiente para permitir que se aproveche el calor liberado para producir trabajo. La presente invención no está, por lo tanto, restringida por las limitaciones anteriores de la técnica anterior y proporciona un dispositivo de captación de agua y de energía renovable primaria.

25 En otra realización de la invención, el fluido evaporativo se descarga antes de un choque de condensación incipiente, evitándolo/compensándolo en el fluido ambiente que fluye sobre la primera formación de colina

En otra realización de la invención, el fluido de condensación se descarga antes de que tenga lugar el choque de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la segunda formación de colina.

30 En otra realización de la invención, los medios de descarga comprenden al menos una tobera y el fluido evaporativo y el fluido de condensación se transporta desde un suministro a la o a cada tobera por medio de una disposición de conductos en el perfil aerodinámico. Un tamaño de orificio variable para la tobera o toberas permitirá que el caudal y el tamaño de gotita del fluido descargado sean variables.

35 En otra realización de la invención, el larguero principal comprende una cavidad hueca que contiene un fluido de trabajo, por medio de lo cual la cavidad se divide en una pluralidad de cámaras interconectadas.

40 En otra realización de la invención, cada cámara comprende medios de válvula que se pueden operar para controlar el flujo del fluido de trabajo entre las cámaras para ajustar la presión y/o la temperatura del fluido de trabajo en cada cámara de forma independiente.

45 En otra realización de la invención, el fluido evaporativo es uno o una combinación de: agua, nitrógeno líquido y un hidrocarburo, tal como metanol.

50 En otra realización de la invención, el fluido evaporativo comprende partículas de fluido que tienen un diámetro que se puede operar para evaporarse en la escala del tamaño diseñado de las turbinas. Para prever este y otros factores medioambientales, el tamaño de gotita se puede variar por medio de un tamaño de salida variable, unos caudales variables y una presión y una temperatura variables. Estas condiciones son determinadas por la canalización, las cámaras y los tamaños variables de las toberas. La fuerza centrífuga de los cabezales giratorios o el bombeo externo gestiona estas condiciones, dando lugar a la compresión de los gases y/o el intercambio de calor con la atmósfera exterior para la gestión de temperatura.

55 En otra realización de la invención, el fluido de condensación comprende partículas de fluido que se enfrían y se cargan estáticamente, tales como gotitas de agua, salmuera y partículas de hielo.

En otra realización de la invención, el fluido ambiente es aire húmedo.

60 En un aspecto adicional de la invención, se proporciona un aparato de turbina que tiene al menos un perfil aerodinámico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el aparato:

un eje de turbina y al menos un rotor que se extiende en sentido axial desde el eje, por medio de lo cual se porta un perfil aerodinámico en la punta de cada rotor,

65 una disposición de conductos dentro del eje y cada rotor a través de los cuales se suministran los fluidos evaporativo y de condensación al perfil aerodinámico,

cada rotor se configura para interactuar con el fluido ambiente para girar de tal modo que el borde anterior de un perfil aerodinámico se mueve a través del fluido ambiente para rotar de este modo el eje de turbina.

5 El aparato de turbina de la presente invención aprovecha la reserva de energía creada por los procesos de evaporación y de condensación para proporcionar energía que se puede convertir en electricidad u otras formas de energía utilizables. Al hacer esto, el aparato de turbina generará energía a partir de la atmósfera usando el contenido de agua del aire como su fuente de energía. Cuando se opera en un clima seco, el agua condensada producida como resultado puede captarse y usarse con fines de irrigación.

10 La presente invención produce, por lo tanto, trabajo y potencia directamente de la humedad en el aire. Esta no depende de la velocidad del viento y su fuente de energía se deriva directamente de la atmósfera ambiental, que siempre se encuentra disponible. La humedad condensada es una fuente abundante de agua y un núcleo frío prevé la refrigeración, el acondicionamiento de aire y la superconducción criogénica. Todo calor residual se puede usar para requisitos locales inmediatos.

15 En otra realización de la invención, el choque de condensación inducido se puede operar para condensar partículas de fluido en el fluido ambiente y el perfil aerodinámico se puede configurar para desviar el fluido condensado a al menos un medio de recogida del aparato.

20 En otra realización de la invención, los medios de recogida comprenden uno o más de:

canales formados en una canalización a través de la cual fluye el contenido de fluido condensado a una cámara de recogida;  
 25 una superficie de recogida de una carcasa, malla u otra superficie que rodea la turbina contra la cual se desvía el contenido de fluido condensado a una cámara de recogida; y  
 uno o más tubos ciclónicos o de vórtice y una cámara de recogida para recoger el contenido de fluido condensado a lo largo del eje de turbina.

30 En otra realización de la invención, la turbina comprende además medios de conversión de energía para convertir la energía generada por el eje de turbina rotatorio en energía eléctrica y/o mecánica.

35 En otra realización de la invención, los medios de conversión de energía se proporcionan en una carcasa del aparato de turbina y se acoplan el eje a la carcasa, por medio de lo cual se proporcionan en la carcasa unos devanados conductores de los medios de conversión de energía para generar energía eléctrica.

La presente invención proporciona un motor capaz de producir energía que comprende perfiles aerodinámicos o cuerpos de rotación transónicos que incluyen opcionalmente rotores y un buje axial. Los perfiles aerodinámicos o cuerpos de rotación tienen una cavidad supersónica junto a una sección transversal decreciente y en la sección transversal mínima o antes de la misma y en la que se introduce una pulverización evaporativa o gas refrigerante a través de una tobera. Esto se adapta para reducir la presión sobre la sección transversal creciente posterior. En la sección transversal máxima, o cerca de la misma, se puede introducir una pulverización adicional para nuclear la condensación posterior. Después de la sección transversal máxima, la sección transversal decreciente da lugar a un choque de condensación. La pulverización líquida introducida anteriormente proporciona núcleos para captar estas gotitas efímeras. Estos líquidos - normalmente agua- o gases se pueden transportar desde el buje a los perfiles aerodinámicos o cuerpos de rotación mediante los rotores con canalización interior adecuada. El choque de condensación termina la cavidad supersónica y devuelve el flujo de aire a subsónico, presurizando la parte posterior del dispositivo.

50 El motor se puede usar para producir energía, para extraer trabajo axial del buje, para mantener la rotación de los rotores, para extraer el agua condensada, para aprovechar las condiciones muy frías en las puntas con fines criogénicos y de superconducción o aprovechar el bombeo centrífugo del dispositivo giratorio.

55 Descripción detallada de la invención

La invención se entenderá con mayor claridad a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones de la misma, dada solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

60 la figura 1 es una vista en perspectiva de un perfil aerodinámico de acuerdo con la invención;

la figura 2 es una vista de extremo del perfil aerodinámico de la figura 1;

la figura 2a es un diagrama del cuerpo de rotación del perfil aerodinámico de las figuras 1 y 2;

65 la figura 3 es una vista lateral esquemática del perfil aerodinámico de la figura 1;

- la figura 4 es una vista en perspectiva de una turbina que comprende el perfil aerodinámico de acuerdo con las figuras 1 a 3;
- 5 la figura 5 es una vista en perspectiva detallada de una porción recortada de la turbina de la figura 4;
- la figura 6 es una vista en perspectiva de un dispositivo de recogida de agua que materializa la turbina de la figura 3;
- 10 las figuras 7a a 7c son vistas en perspectiva que muestran el flujo de agua en el aparato de turbina de la figura 3;
- la figura 8 es una gráfica que muestra perfiles del número de Mach en un escenario estable con un flujo supersónico de principio a fin de una sección central del perfil aerodinámico;
- 15 la figura 9 es una gráfica que muestra perfiles del número de Mach en un escenario inestable con flujo subsónico a través de una sección central del perfil aerodinámico;
- la figura 10 es una gráfica que muestra una variación de presión a través de una tobera para diferentes presiones de salida;
- 20 la figura 11 es un esquema que muestra un diseño geométrico para el perfil aerodinámico que se usa en la turbina de la figura 3;
- la figura 12 es una tabla que muestra el número de Mach post-condensación con una temperatura y una humedad variables para 10 K de refrigeración;
- 25 la figura 13 es una tabla de la profundidad de inclinación con una temperatura y una humedad variables para 10 K de refrigeración;
- la figura 14 es una tabla que muestra los parámetros de entrada para un cálculo de empuje para el aparato de turbina;
- 30 la figura 15 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach antes de que se inicie la evaporación;
- la figura 16 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach después de la evaporación, que muestra la región en la que tiene lugar evaporación;
- 35 la figura 17 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach después de la condensación, que muestra la región en la que tiene lugar condensación;
- 40 la figura 18 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach después de que se eleve la presión de salida a atmosférica, que muestra una onda de choque después de la condensación, y
- la figura 19 es una gráfica que muestra el ciclo de trabajo para el ciclo de Brayton.
- 45 Con referencia a los dibujos, e inicialmente a las figuras 1 y 2, se muestra un perfil aerodinámico de turbina, que se indica en términos generales mediante el número de referencia 1, para un movimiento relativo en un fluido ambiente, tal como aire húmedo. El perfil aerodinámico 1 comprende un larguero principal 2 que tiene una forma en sección transversal de un perfil aerodinámico con una pared lateral superior, que se indica en general por el número de referencia 3, y una pared lateral inferior, que se indica en general por el número de referencia 4, un borde anterior 5 y un borde posterior 6. Una línea de curvatura 7 se extiende desde el borde anterior 5 al borde posterior 6. A medida que el perfil aerodinámico 1 se mueve con respecto al fluido ambiente, o a través del mismo, en la dirección de la flecha 'A' (la figura 1), el fluido ambiente fluye sobre el larguero principal 2 en una dirección aguas abajo desde el borde anterior 5 al borde posterior 6.
- 50 La figura 2 es una vista en sección del perfil aerodinámico y la figura 2a muestra el cuerpo de rotación del perfil aerodinámico de la figura 2, el cual, en el ejemplo que se muestra, da una forma cilíndrica que se expande y se ahúsa y es un ejemplo de una forma de perfil aerodinámico que materializa los principios de diseño general de la presente invención. También se pueden aplicar perfiles cilíndricos a las puntas 5, 6 del perfil aerodinámico según se requiera o se desee, tal como si no se empleara una carcasa para gestionar los vórtices de extremo de punta.
- 55 El larguero principal 2 comprende, de forma secuencial desde el borde anterior 5 al borde posterior 6, una primera formación de colina 8 y una segunda formación de colina 9. Cada formación de colina 8, 9 comprende una primera región 8a, 9a de una distancia progresivamente creciente desde la línea de curvatura 6, una segunda región 8b, 9b de una distancia progresivamente decreciente desde la línea de curvatura y una cresta 8c, 9c en una superficie de separación entre las primeras regiones 8a, 9a y las segundas regiones 8b, 9b. Si bien en las figuras 1 y 2 se muestran formaciones de colina tanto en la pared lateral superior 3 como en la pared lateral inferior 4, se apreciará que se
- 60
- 65

pueden ubicar formaciones de colina en la pared lateral superior y/o en la inferior del perfil aerodinámico, según se requiera o se desee. En la siguiente descripción se hará referencia a que las formaciones de colina se proporcionan solo en la pared lateral superior 3, sin embargo, esto no debería verse como limitante.

5 El larguero principal 2 comprende una cavidad hueca que contiene un fluido de trabajo, por medio de lo cual se divide la cavidad en una pluralidad de cámaras interconectadas. Entre las cámaras se encuentran los medios de válvula que se pueden operar para controlar el flujo del fluido de trabajo entre las cámaras de tal modo que la presión y/o la temperatura del fluido de trabajo en cada cámara se pueden ajustar de forma independiente.

10 Tal como se muestra en la figura 3, el perfil aerodinámico 1 comprende además unos medios de descarga, que en general se indica con el número de referencia 10, que se puede operar para descargar un fluido evaporativo 12 o un fluido de condensación 13 desde el larguero principal 2 hacia fuera al aire húmedo que fluye sobre el larguero principal 2. Los medios de descarga comprenden al menos una tobera (que no se muestra) y el fluido descargado desde el perfil aerodinámico 1 se transporta desde un suministro a cada tobera mediante un conducto o una disposición de conductos 11 dentro del larguero principal 2 del perfil aerodinámico 1, o dispuesto a lo largo del mismo.

15 El fluido evaporativo 12 es uno o una combinación de: agua, nitrógeno líquido y un hidrocarburo, tal como metanol, y comprende partículas de fluido que tienen un diámetro que se puede operar para evaporarse de acuerdo con el tamaño y la escala de una turbina que usa el perfil aerodinámico. Para prever este y otros factores medioambientales, el tamaño de gotita se puede variar por medio de un tamaño de salida variable, unos caudales variables y una presión y una temperatura variables.

20 El fluido de condensación 13 comprende partículas de fluido que se enfrían y se cargan estáticamente. Los ejemplos de fluidos de condensación adecuados incluyen gotitas de agua, salmuera o partículas de hielo.

25 Cuando el perfil aerodinámico se mueve con respecto a un fluido ambiente, la primera región 8a de la primera formación de colina 8 se puede operar para interactuar con el fluido ambiente para acelerar el fluido ambiente de una velocidad relativa subsónica alta a una velocidad relativa sónica sobre la cresta 8c de la primera formación de colina 8.

30 Los medios de descarga 10 descargan entonces el fluido evaporativo 12 para evaporarse en el fluido ambiente antes de la aparición de condensación en la segunda región 8b de la primera formación de colina 8, de tal modo que la segunda región 8b de la primera formación de colina 8 interactúa con el fluido ambiente para acelerar el fluido ambiente de una velocidad relativa supersónica baja a una velocidad relativa supersónica alta. La pulverización evaporativa se descarga, por lo tanto, antes de que tenga lugar un choque incipiente de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la primera formación de colina 8.

35 La primera región 9a de la segunda formación de colina 9 se puede operar para que interactúe con el fluido ambiente para decelerar y mantener el fluido ambiente a una velocidad relativa supersónica sobre la cresta 9c de la segunda formación de colina 9 y los medios de descarga 10 se pueden operar además para descargar el fluido de condensación 13 para captar o nuclear el choque de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la segunda región 9b de la segunda formación de colina 9. El fluido o pulverización de condensación se descarga entonces antes de que tenga lugar el choque de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la segunda formación de colina 9. Esto tiene el efecto de decelerar el fluido ambiente de una velocidad relativa supersónica a una velocidad relativa subsónica lo que a su vez genera presión sobre el larguero principal 2 e imparte de ese modo un empuje sobre el perfil aerodinámico 1.

40 Con referencia a las figuras 4 y 5, y usando los mismos números de referencia usados en las figuras 1 a 3, se muestra un aparato de turbina, que se indica en general por el número de referencia 20, que comprende al menos un perfil aerodinámico 1 configurado de acuerdo con las figuras 1 a 3.

45 El aparato 20 comprende un eje de turbina 21 y al menos un rotor 22 que se extiende en sentido axial desde el eje 21, por medio de lo cual se porta un perfil aerodinámico 1 de las figuras 1 a 3 en la punta o extremo, que se indica en general por el número de referencia 23, de cada rotor 22. También se proporciona una disposición de conductos dentro del eje 21 y cada rotor 22 a través de los cuales se suministran los fluidos evaporativo y de condensación a los conductos 11 del perfil aerodinámico 1.

50 Durante el uso, el aparato de turbina 20 se configura de tal modo que cada rotor 22 interactúa con el fluido ambiente para girar de tal modo que el borde anterior 5 de cada perfil aerodinámico 1 se mueve a través del fluido ambiente para girar de este modo el eje de turbina 21.

55 Durante el funcionamiento, a medida que el perfil aerodinámico 1 se mueve con respecto al fluido ambiente, el choque de condensación inducido en la segunda formación de colina 9, o junto a esta, se puede operar para condensar las partículas de fluido en el fluido ambiente y se configura el perfil aerodinámico 1 para desviar el fluido condensado a al menos un medio de recogida del aparato de turbina 20. En una realización, se pueden proporcionar uno o más tubos ciclónicos o de vórtice y una cámara de recogida para recoger el contenido de fluido a lo largo del eje de turbina 21.

En una realización alternativa, los medios de recogida comprenden canales formados en una canalización 24 a través de la cual fluye el contenido de fluido condensado a una cámara de recogida.

La figura 6 muestra un dispositivo de recogida de agua 30, que comprende el aparato de turbina 20 de las figuras 4 y 5 y que materializa unos medios de recogida de agua adicionales. El dispositivo de recogida de agua 30 se puede operar para crear un cilindro de aire rotatorio que sopla hacia fuera desde el centro del dispositivo o hacia dentro hacia el centro. El dispositivo de recogida de agua 30 comprende un tubo venturi 31 a ambos extremos del eje 21, un conjunto de estatores 32 antes de la garganta de cada tubo venturi 31 que se pueden operar para inducir una rotación en el flujo de aire de gotitas de fluido a baja presión y alta velocidad que entra en los estatores 32. Se proporciona un anillo de recogida de orificios 33 a lo largo de la canalización 24 y estos están respaldados por una cámara de presión baja 34 que drena a un tanque de recogida 35. Se proporciona un conjunto adicional de estatores 36 después de la garganta y los orificios 33 que se pueden operar para reducir la rotación y recuperar presión y energía del flujo de aire. El tanque de recogida 35 rodea el flujo de aire saliente que contiene gotitas de agua y la superficie del tanque 35 se puede operar para recoger gotitas que colisionan, que se recogen en el tanque 35.

El aparato de turbina 20 también comprende medios de conversión de energía para convertir la energía generada por el eje de turbina rotatorio 21 en energía eléctrica y/o mecánica. Opcionalmente, los medios de conversión de energía se proporcionan en una carcasa del aparato de turbina 20 y se acopla el eje 21 a la carcasa, por medio de lo cual se proporcionan en la carcasa unos devanados conductores de los medios de conversión de energía para generar energía eléctrica.

El ciclo de trabajo para la presente invención se describirá con referencia a la figura 19, que muestra el ciclo de trabajo para el ciclo de Brayton, usando el aparato de turbina de la presente invención una variación del mismo. El aparato de turbina de la presente invención busca reducir la temperatura más baja (3-4). Normalmente, esto se ve limitado por el hecho de que la temperatura de rechazo es la del aire ambiente. En esta máquina, la temperatura de rechazo puede ser de hasta menos 60 o 70 grados centígrados. La reducción de temperatura estática (3-4) es aerodinámica y da lugar a la misma el aumento isentrópico en la velocidad. El calor de rechazo (4-1) se ve afectado por la evaporación. El aumento de temperatura (1-2) es aerodinámico y da lugar al mismo la disminución casi isentrópica en la velocidad. El calor añadido (2-3) es proporcionado por condensación o quema de hidrocarburos. Obsérvese que, con este ciclo, queda bien ilustrado el equilibrio entre la evaporación y la condensación y se puede calcular el mismo. En realidad, para equilibrar la condensación lo más sencillo es controlar el flujo de evaporación. Esto significa que será necesario gestionar la cantidad de flujo y el tamaño de las gotitas por una válvula y una disposición de orificios variable.

El sistema de turbina propuesto es un rotor montado en un eje vertical. Las turbinas reales se ubican en las puntas de los rotores y el dispositivo opera según un principio similar a un rotor de reacción, tal como en el helicóptero Fairey Rotodyne. La propulsión procedente de la turbina crea un empuje que empuja el rotor en un círculo. A diferencia de los helicópteros, el objetivo no es usar el movimiento para generar una fuerza de sustentación, sino más bien para generar energía eléctrica.

En el diseño con conducto, que se muestra en las figuras 4 a 6, las puntas transónicas se montan dentro de un conducto suspendido. La pulverización de agua se canaliza subiendo por el eje central y bajando por los rotores a las puntas, en donde se añade al aire. El aire es arrastrado hacia abajo a través del dispositivo y retira la pulverización de agua del dispositivo, tal como se muestra en la figura 7.

Tiene lugar un flujo supersónico cuando un fluido comienza a moverse a una velocidad mayor que su velocidad de onda. La aplicación más evidente de este tipo de flujo se encuentra en el diseño de aeronaves militares, a las que rutinariamente se les requiere que 'rompan' la barrera de sonido. Debido a que el fluido se está moviendo más rápido que su velocidad de onda, no se puede pasar aguas arriba información acerca de obstáculos potenciales. Como resultado, un flujo supersónico es significativamente diferente de los flujos subsónicos que son más comunes en los escenarios habituales.

Las ecuaciones rectoras principales en el régimen supersónico son las ecuaciones de flujo isentrópico. Estas ecuaciones relacionan los cambios de presión, de temperatura, de densidad y de área observados con el número de Mach del flujo.

Estas ecuaciones son:

Número de Mach:

$$M = \frac{V}{\sqrt{\gamma RT}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Presión:

$$\frac{p}{p_0} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma - 1}} \quad \text{Ecuación 2}$$

## ES 2 751 752 T3

Temperatura:

$$\frac{T}{T_0} = \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right)^{-1} \quad \text{Ecuación 3}$$

5

Área:

$$\frac{A}{A^*} = \left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^{-\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \times \frac{\left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}}{M} \quad \text{Ecuación 4}$$

10 *Símbolos*

M = número de Mach, V = Velocidad, R = Constante de los gases, T = Temperatura, P = Presión A = Área,  $\gamma$  = Relación de calores específicos,  $\rho$  = Densidad,  $\Phi$  = Humedad relativa, Y = Garganta X = Distancia longitudinal

15 *Subíndices/Superíndices*

0 = Propiedad de remanso, \* = Propiedad de estrangulamiento

20 Estas ecuaciones muestran que, a medida que aumenta el número de Mach de un flujo, las presiones estáticas y temperaturas disminuirán. Las propiedades de remanso permanecerán iguales siempre que no haya transferencia de calor. El área también experimentará un aumento a medida que aumenta el número de Mach lejos de la unidad en el régimen supersónico, pero también experimentará asimismo un aumento a medida que este se aleja de la unidad en el régimen subsónico.

25 El proceso de condensación en la atmósfera depende de la temperatura del aire y el contenido de vapor. Para cualquier temperatura dada, la presión del aire se puede calcular a partir de

$$P = \rho RT \quad \text{Ecuación 5}$$

30 en donde  $\rho$  es la densidad, R es la constante de los gases del aire y T es la temperatura en Kelvin.

35 El aire consiste en una determinada cantidad de vapor de agua y uno de los términos importantes para la condensación es la presión parcial de este vapor. La presión parcial es la presión de aire multiplicada por la humedad relativa. El otro término importante es la presión de saturación. Esta es la presión a la cual el agua se condensará y se puede determinar a partir de la ecuación

$$P = 133,322e^{(20,386-5132/T)}$$

40 Si la presión parcial es mayor que la presión de saturación, comenzará a condensar. De manera similar, si la presión parcial es menor que la presión de saturación, el agua se evaporará.

45 Los efectos de calentamiento sobre el flujo supersónico son complejos, debido a que el número de Mach, la temperatura y la presión son todos ellos interdependientes. Una simplificación es suponer que cualquier cambio de temperatura que tenga lugar debido a la evaporación o condensación lo hace en un área constante. Esto implica que estos cambios tienen lugar casi de forma instantánea en el caso de la condensación. En estas condiciones, el efecto del calentamiento puede determinarse a partir de las ecuaciones de Rayleigh, en las que cada propiedad está relacionada con su valor en condiciones de estrangulamiento. Estas ecuaciones son:

Presión:

50

$$\frac{p}{p^*} = \frac{\gamma+1}{1+\gamma M^2} \quad \text{Ecuación 7}$$

Densidad:

55

$$\frac{\rho}{\rho^*} = \frac{1+\gamma M^2}{(\gamma+1)M^2} \quad \text{Ecuación 8}$$

Temperatura:

60

$$\frac{T}{T^*} = \frac{(\gamma+1)^2 M^2}{(1+\gamma M^2)^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

El efecto de un cambio de temperatura puede entonces estar relacionado con el número de Mach  $\gamma$ , y, por lo tanto, usarse para calcular los cambios en la presión y densidad del gas.



Uno de los problemas principales implicados en el diseño del aparato de turbina de la presente invención es el de la estabilidad del flujo. Una forma en la que la estabilidad se puede ver comprometida es cuando el flujo en la sección entre las dos colinas (la sección central) se vuelve subsónica. Si esto tiene lugar, entonces el resultado será una región de alta presión sobre la sección orientada hacia delante de la segunda colina. Esto aumentará la resistencia aerodinámica de la estructura interna y reducirá el empuje potencial del dispositivo.

La figura 8 muestra perfiles del número de Mach en un escenario estable con flujo supersónico de principio a fin de la sección central. En cambio, la figura 9 muestra perfiles del número de Mach en un escenario inestable con flujo subsónico a través de la sección central.

Cuando se considera cómo esta sección vuelve subsónico el flujo de aire, es útil comparar la sección central con un caso similar que ha sido bien estudiado, que es el de una tobera de motor cohete.

La figura 10 es una gráfica que muestra una variación de presión a través de una tobera para diferentes presiones de salida, adaptada de (Courant & Friedrichs, 1999). La figura 10 ilustra la relación entre la presión de cámara y la presión a lo largo de una tobera para diferentes presiones de salida en un motor cohete. Si la presión sobre la salida está cerca de la presión en la cámara ( $P_1$ ), el resultado será un flujo que es subsónico de principio a fin. Si la presión sobre la salida disminuye entonces a un valor mucho menor ( $P_3$ ) entonces el flujo será supersónico de principio a fin. Los problemas surgen cuando la presión de salida se encuentra en un valor entre estos dos puntos. Uno de los fenómenos que puede tener lugar a una presión de salida en esta área es un choque normal en un punto a lo largo de la longitud de la tobera, lo que da como resultado un aumento en la presión durante la expansión.

Cuando el flujo de aire en la sección central del perfil aerodinámico se vuelve subsónico, es generalmente este tipo de fenómenos el que se observa. El flujo es supersónico bajando por la primera formación de colina del perfil aerodinámico pero en algún punto bajando por esta colina tiene lugar un choque normal que da como resultado un flujo subsónico. En la figura 9, el choque se puede observar en el extremo de la primera colina como una disminución rápida en el número de Mach y un cambio en los perfiles. El parámetro clave para detener esto es, entonces, la presión en la 'salida' de la primera colina. Para que se mantengan las condiciones supersónicas, esta presión no debe ser demasiado alta. La presión de 'salida' considerada es el aumento en la presión a medida que el flujo se ralentiza para pasar sobre la segunda formación de colina. Si esta segunda formación de colina es demasiado alta, el resultado será el flujo subsónico observado. La garganta mínima de esta colina se puede calcular mediante el uso de una metodología establecida.

La metodología de cálculo para la garganta de la segunda colina es según sigue:

- 1) Si se consideran las condiciones de entrada a un número de Mach dado, la presión de remanso se puede calcular usando la Ecuación 2.
- 2) Sabiendo el número de Mach deseado en la base de la colina, el área en la base de la primera colina se puede calcular a partir de la Ecuación 4.
- 3) La siguiente fase es suponer un choque normal en la base de la colina y calcular el número de Mach resultante.
- 4) A partir del número de Mach post-choque y el área en la base de la colina, se puede calcular el número de Mach en condiciones de estrangulamiento.
- 5) Para proporcionar un margen operativo, el área a un número de Mach de 1,1 se calcula entonces a partir de las condiciones de estrangulamiento.

Esta área a un número de Mach de 1,1 representa entonces la altura mínima de la garganta en la segunda colina. Para gargantas más grandes que esta, el flujo será supersónico de principio a fin del sistema. Si la garganta es menor que esta, la sección central se convertirá en flujo subsónico. Esto proporciona un parámetro de la turbina ya que, si se conocen el número de Mach de entrada, la altura de garganta en la primera colina y el número de Mach, entonces se puede calcular la altura de la segunda colina.

Una de las condiciones que puede obstaculizar el funcionamiento de la turbina es la aparición de condensación dentro de la sección central del perfil aerodinámico, que se entiende que es la superficie de separación entre la primera y la segunda formaciones de colina. La razón principal de esto es que, si tiene lugar una condensación neta en esta área, la evaporación necesaria para alimentar el dispositivo no tendrá lugar en cantidades suficientes. Si la presión parcial del vapor asciende por encima de la presión de saturación del agua a una temperatura dada, entonces comenzará a tener lugar condensación. Para prevenir esto, la presión parcial del vapor debe permanecer menor que la presión de saturación.

Existen dos métodos mediante los cuales puede proceder el cálculo. Cada método tiene sus fortalezas y sus debilidades.

El primer método implica las leyes de semejanza presentadas en el artículo de G. Schnerr (Schnerr, 1989) en el que el número de Mach, en donde tiene lugar condensación, está relacionado con la humedad de remanso relativa por la relación

$$\Phi_0^a = \frac{\gamma + 1}{1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_0^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

en donde

5

$$a = \alpha \left[ \frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)} \left( - \frac{d \left( \frac{T}{T_{01}} \right)}{d \left( \frac{x}{y^*} \right)} \right)^{\alpha + \beta} \right]$$

y  $\alpha = 0,208$  y  $\beta = 0,59$

10 Con el número de Mach de aparición de condensación determinado para la humedad relativa dada, el número de Mach máximo en la sección central se puede elegir de tal modo que sea menor que el número de Mach de la aparición de condensación. A partir del número de Mach seleccionado, la profundidad máxima del dispositivo se puede calcular entonces a partir de la Ecuación 4. Obsérvese que, cuando se considera en el presente caso la refrigeración, se debería considerar en el presente caso el número de Mach después de la refrigeración para la aparición de  
15 condensación y calcularse el número de Mach aguas arriba resultante antes de obtener el área. La ventaja de este método es que representa un método más simple de cálculo de la aparición de condensación, sin embargo las variables  $\alpha$  y  $\beta$  solo son constantes para familias particulares de toberas.

20 Un modo alternativo es calcular el número de Mach de aparición a partir de la presión del vapor. Se sabe que, a medida que aumenta el número de Mach, disminuyen la presión, la temperatura y la densidad. A partir de la densidad del aire y el vapor, se pueden calcular los volúmenes moleculares de cada uno. A partir de estos, también se puede determinar entonces la fracción molecular del vapor.

25 La presión parcial es el producto de la fracción molecular y la presión estática. Si la presión parcial es mayor que la presión saturada del vapor en un punto dado, entonces tendrá lugar condensación. Estos valores se pueden calcular para cada número de Mach y el número de Mach de aparición determinado por cuándo son iguales la presión parcial y la presión de saturación. A partir de esto, se puede calcular entonces el área como con el caso anterior.

30 La ventaja de este método es que se puede calcular independientemente de la forma, sin embargo los cálculos no tienen en cuenta curvatura alguna que pudiera alterar el comportamiento de la aparición de condensación.

A partir de los cálculos anteriores, se ha establecido un método para el cálculo de la geometría del perfil aerodinámico. La figura 11 muestra la geometría del diseño de perfil aerodinámico para un escenario con conducto cuando un lado contiene los rasgos distintivos de las formaciones de colina mientras que el otro lado es una superficie plana. En este  
35 caso, todo el diseño se puede relacionar de nuevo con el diámetro de garganta,  $y^*$ .

40 Conociendo  $y^*$  y el número de Mach de entrada, el cálculo de  $y_{\text{entrada}}$  se puede realizar usando la Ecuación 4. A partir de las condiciones de humedad, se puede calcular la profundidad  $Y_{\text{inclinación}}$  y el número de Mach en la sección central a partir de cualquiera de las leyes de semejanza de la presión de vapor. Con el número de Mach, después de cualquier refrigeración, y el área  $Y_{\text{inclinación}}$ , se puede calcular la altura de la segunda garganta  $y^{2*}$ . La condición de salida  $y_{\text{salida}}$  debe ser entonces suficientemente grande para asegurar que tenga lugar condensación dentro de la sección, según se requiera.

45 A partir de los parámetros de diseño que se identificaron anteriormente, se puede establecer un conjunto de condiciones operativas para la turbina. En este caso, se calcula en primer lugar el número de Mach de aparición de condensación. Si este número es menor que 1, entonces la condensación empezará en el régimen transónico. Esto significa que la condensación comenzará antes de que el flujo pase sobre la primera colina. Esto impedirá en la práctica que funcione la turbina.

50 Si el número de Mach de aparición de condensación es mayor que uno, entonces, considerando el contenido de vapor del aire, también se puede calcular el aumento de temperatura. El aumento de temperatura dará como resultado una disminución en el número de Mach según las ecuaciones de Rayleigh. Si el número de Mach después de la condensación es menor que 1, entonces el flujo será subsónico a partir del punto. Si el número de Mach se encuentra entre 1 y 1,12, el flujo será supersónico y una expansión del área aumentará el número de Mach hacia 1,12. Una vez  
55 que se ha alcanzado este punto, un choque normal puede dar como resultado un número de Mach de salida de 0,9, que coincide con el número de Mach de entrada. Por encima de un número de Mach de 1,12, cualquier choque daría como resultado un número de Mach menor que 0,9 y, por lo tanto, se requeriría alguna forma de tobera con geometría variable en la salida para impedir que el choque normal suponga un problema.

60 La figura 12 es una tabla que muestra el número de Mach post-condensación con una temperatura y una humedad

variables para 10 K de refrigeración. En esta tabla, la región indicada por la flecha B indica en dónde tendrá lugar condensación por delante de la primera colina, la región indicada por la flecha C muestra números de Mach subsónicos después de la condensación, la región indicada por la flecha D muestra en dónde el número de Mach es menor que 1,12 y la región indicada por la flecha E muestra en dónde el número de Mach es superior a 1,12.

Una de las consideraciones que debe observarse con esta tabla es que, para muchos de estos casos, la diferencia resultante en cuanto a la altura entre la inclinación y la segunda colina es suficientemente baja para que la segunda colina se vea inundada por la capa límite que se desarrolla sobre el descenso desde la primera colina. En la figura 13 se muestra una tabla de la profundidad de inclinación con una temperatura y una humedad variables para 10 K de refrigeración.

Esto puede dar como resultado un efecto de amortiguación, en el que el flujo se vuelve ajeno a la existencia de la inclinación y una capa deslizante se extiende entre los picos de las dos colinas. En estos casos, el número de Mach no aumentará según se requiera y, por lo tanto, interrumpiría el flujo. Debe tenerse cuidado para asegurar que este aumento de altura sea suficiente para ser mayor que la capa límite.

El cálculo del empuje del aparato de turbina de la presente invención se lleva a cabo usando un análisis de CFD de una de las turbinas que muestre potencial. La turbina seleccionada representa el caso en el que la temperatura es de 30 °C y la humedad relativa es de un 5 %. Esta turbina se encuentra dentro de la envolvente operativa del dispositivo y presenta una diferencia suficiente en cuanto a la altura entre la inclinación de la sección central y la segunda garganta para asegurar que la capa límite no interfiera con el flujo. Para este caso, para evitar la condensación, en la figura 14 se proporcionan los detalles geométricos críticos calculados.

La geometría construida fue de 0,5 cm de espesor y las condiciones límite iniciales aplicadas para esta simulación son:

- Presión estática de entrada = 101325 Pa
- Temperatura de remanso de entrada = 352 K
- Flujo de masa de aire = 0,092 kg/s (18,4 kg/ms)
- Flujo de masa de vapor = 0,000118602 kg/s (0,02372 kg/ms)
- Presión estática de salida = 20000 Pa

Los valores entre paréntesis son los caudales máxicos por metro de anchura del dispositivo. La simulación se ejecutó con el modelo de turbulencias de Spairt-Allmaras. La solución fue inicializar una estimación de los parámetros de flujo. Se realizaron subestimaciones deliberadas para asegurar la estabilidad de la convergencia. Se usaron las siguientes configuraciones en la inicialización:

- Presión estática = 101325 Pa
- Velocidad x = 283 m/s
- Temperatura = 303 K

Para que la simulación proceda de una forma estable, en primer lugar se calculó el flujo suponiendo una evaporación nula y una condensación nula hasta que se alcanzó la convergencia de los resultados. En este punto, se añadió entonces evaporación a una zona en la base de la primera colina usando una fuente de energía negativa. La simulación se ejecutó de nuevo entonces hasta que se estableció la convergencia. En este punto, se añadió condensación como una fuente de energía en un punto sugerido por la diferencia entre la presión parcial y la presión de saturación. De nuevo, se ejecutó la simulación hasta que se alcanzó la convergencia. La fase final implicó el aumento de la presión de salida de 20000 Pa a 100800 Pa. Esto movió la salida hacia condiciones atmosféricas y movió el choque de salida para que tuviese lugar justo después de la condensación para modelar de forma precisa el comportamiento en la salida de la turbina.

Para una humedad del 5 % a 303 K, el contenido de agua del aire es de 1,25 g/kg. La energía de evaporación extraída fue equivalente a un descenso de 16 K en la temperatura o a una evaporación de 2,22 g/kg, mientras que la fuente de energía usada para la condensación fue equivalente a un aumento de 6,98 K en la temperatura o a una condensación de 3,47 g/kg.

La figura 15 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach antes de que se inicie la evaporación, la figura 16 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach después de la evaporación, que muestra la región en la que tiene lugar evaporación, la figura 17 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach después de la condensación, que muestra la región en la que tiene lugar condensación, y la figura 18 es una gráfica que muestra los perfiles del número de Mach después de que se eleve la presión de salida a atmosférica, lo que muestra una onda de choque después de la condensación.

Una vez que se completara este proceso, el empuje resultante podría establecerse a partir de un informe de las fuerzas sobre la superficie de la pared. Este informe se llevó a cabo para el área de trabajo de la turbina, que se definió como el área interior entre la entrada y el choque de finalización justo después de la condensación. Esto produjo un empuje

neto en el área de trabajo de 546 N por metro de anchura de la turbina. Este empuje incluye efectos de resistencia aerodinámica dentro de la sección de trabajo de la turbina, pero no efectos de resistencia aerodinámica exteriores debido a la canalización del sistema de rotor, la geometría de salida o la diferencia de altura entre la entrada y la salida. Entonces se puede emplear una tobera de geometría variable para disminuir el área y acelerar de nuevo el flujo hacia 314 m/s, como alternativa se puede disminuir la profundidad de salida para impedir la difusión subsónica de la velocidad. Ambas de estas opciones disminuirían la resistencia dinámica del dispositivo, al tiempo que también se disminuye el empuje producido y, por lo tanto, se tendría que obtener un equilibrio.

Para lograr un empuje global positivo, el dispositivo debe producir un empuje interno mayor que la resistencia aerodinámica externa que crea. Un parámetro útil que considerar en el presente caso es el coeficiente de resistencia aerodinámica. Este se calcula a partir de la ecuación

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \quad \text{Ecuación 11}$$

en donde D es la resistencia aerodinámica en el sistema de rotor y A es el área de los rotores. Suponiendo que se usa un sistema de tres rotores con un diámetro de 1 m y una cuerda de 5 cm, esto produce un área de 0,075 m<sup>2</sup>. La velocidad usada en este cálculo es la velocidad promedio, que será la mitad de la velocidad de punta. Entonces, para un rotor con una profundidad de punta de 33 cm y, por lo tanto, un empuje de 182 N, y una densidad de aire normal, esto significa que el coeficiente de resistencia aerodinámica debe ser menor que 0,14 para que el sistema produzca un empuje positivo. Si el coeficiente de resistencia aerodinámica del sistema puede diseñarse con un valor tan bajo como 0,04, que es común para un cuerpo aerodinámico, entonces esto produce una resistencia aerodinámica de 50 N. Junto con las pérdidas por cojinetes, esto proporciona una resistencia aerodinámica total de 55,1 N. Para un rotor con una profundidad de punta de 33 cm, esto significa que el 30 % de la potencia disponible debería establecerse contra la ganancia de potencia inicial.

Para un objeto en movimiento, la potencia es igual al producto de la fuerza y la velocidad. Para una turbina que gira con una velocidad de punta de 314 m/s, esto significa que la potencia total producida en el área de trabajo del dispositivo es 171 kW/m (esto se reducirá adicionalmente a nivel interno a 155 kW cuando se incluyan los costes variables de las toberas). Este es el trabajo que está siendo producido por el ciclo de evaporación/condensación. Las pérdidas inmediatas reducen esto a nivel externo a 133 kW/m.

Este trabajo muestra que, en condiciones específicas, la turbina presentará un aumento en el empuje debido a los efectos de la liberación de energía de la condensación. Si el bombeo/rotores externos se pueden diseñar de tal modo que las pérdidas se mantengan por debajo del empuje del dispositivo, entonces este producirá un empuje neto. Dada la velocidad a la cual gira el dispositivo, incluso un aumento pequeño en el empuje produciría un gran aumento en la potencia disponible.

Durante este trabajo, se ha supuesto que el dispositivo será una estructura interna. Esto implica la existencia de una superficie exterior. El diseño aerodinámico de una estructura de este tipo sería crucial para el funcionamiento de la turbina debido a que tendría implicaciones fundamentales para la resistencia aerodinámica del dispositivo y, por lo tanto, para la producción de potencia neta.

Las condiciones operativas del dispositivo son bastante sensibles. Para una humedad dada, entonces unas temperaturas más altas dan como resultado más agua disponible en el aire para su condensación. Eso significaría que la potencia disponible sería mayor. Tal como muestra la figura 13, para cualquier temperatura dada, la profundidad a la cual puede descender la sección central también es mayor para temperaturas más altas. Esto produciría un dispositivo que es más sencillo de fabricar. Estos diseños también son menos vulnerables a los efectos de las capas límite debido a que la diferencia de altura entre la sección central y la segunda colina también será mayor.

Para una temperatura dada, un aumento en la humedad produciría un aumento de la potencia disponible, pero también daría lugar a que la condensación tuviera lugar antes, debido a que la presión parcial será más alta. Esto significa que disminuiría la profundidad a la cual descendería la sección central y el dispositivo sería más vulnerable a los efectos de la capa límite, lo que desestabilizaría el flujo. Al reducir la cantidad de refrigerante usado, el descenso de temperatura disminuirá y, como consecuencia, se aumentaría la presión de saturación. Al equilibrar correctamente la cantidad de refrigerante usado con la humedad, se podría ampliar el intervalo operativo de un diseño físico dado.

Para los fines de este análisis, el dispositivo se diseña para operar en condiciones en las que la temperatura atmosférica es alta y los niveles de humedad relativa son bajos. Un aumento en la humedad puede contrarrestarse en cierta medida mediante la disminución de la refrigeración usada para mantener la estabilidad de flujo. Estas condiciones sugerirían que el dispositivo se analiza más fácilmente en condiciones climáticas cálidas y áridas. Esta abundancia de humedad se podría gestionar usando un refrigerante 'seco' y permitiendo que tenga lugar una condensación adicional en la pendiente trasera de la primera colina. En lugares áridos, la condensación producida como subproducto del dispositivo también sería bastante valiosa y, por lo tanto, esto aumenta el valor del dispositivo en su totalidad.

Cabe destacar que, para un conjunto dado de condiciones, la geometría crítica se puede hallar a partir de un método puramente matemático. Para investigar los efectos de la capa límite y evaluar el empuje, la CFD presenta el mejor método disponible.

5 La combinación de estos enfoques ha mostrado que existe una envolvente operativa para la turbina. Este intervalo se describe mediante una combinación de la temperatura, la humedad relativa y la cantidad de refrigeración empleadas en el dispositivo. En el caso de una refrigeración y una temperatura fijas, si la humedad es demasiado alta, entonces tendrá lugar condensación antes de que el flujo quede estrangulado, lo que interrumpe todo el proceso. Dentro de la propia turbina, estos factores pueden influir en el diseño del dispositivo, pero la variación de la cantidad de refrigeración puede compensar algunas variaciones en los otros factores. El uso de un refrigerante 'seco', tal como nitrógeno, en lugar de agua ampliará el intervalo operativo debido a que un refrigerante de este tipo podría evaporarse cuando el agua se está condensando entre las colinas.

15 Cuando el dispositivo se opera dentro de su envolvente y se minimiza la resistencia aerodinámica en los rasgos distintivos externos, entonces el dispositivo generará un empuje positivo. A las velocidades a las cuales gira el dispositivo, incluso unos aumentos pequeños en el empuje pueden crear una cantidad considerable de potencia.

20 El diseño producido a partir de los cálculos de CFD es un sistema de tres rotores con un diámetro de 1 m. Las puntas tienen una profundidad de 33 cm y el sistema rota a 6000 rpm. Es deseable que se opere en condiciones desérticas de una humedad relativa del 5 % y 30 °C. Este dispositivo producirá 133 kW de potencia y produce 81 litros por hora (1944 litros por día) de agua. Dado que el 'combustible' para este dispositivo es aire fresco húmedo, este no produce CO<sub>2</sub> alguno y no tiene coste de suministro alguno. Por último, el dispositivo se puede encender y apagar según se requiera siempre que haya suficiente humedad en el aire.

25 Diversas realizaciones divulgadas en el presente documento tienen la misma fuente de energía común, sin embargo, los requisitos de potencia, agua, calor, criogenia, refrigeración/calentamiento local o bombeo harán variar los materiales y las especificaciones de escala exactos. Junto con esto, el entorno general en el que debe operar la máquina también dictaminará el material y la escala. Los expertos en la materia reconocerán el requisito común de unas superficies lisas y rígidas para operar eficazmente a velocidades subsónicas altas.

30 Estos diseños son resistentes a vientos de alta velocidad y no tienen vulnerabilidades evidentes a terremotos, tsunamis y otros desastres naturales. De hecho, un incendio significativo localizado se puede gestionar con un copioso suministro de agua y capacidad de bombeo extraída directamente del aire.

35 La presente invención no tiene limitaciones en cuanto a lo frío y seco que puede estar el aire ambiente para una extracción de energía viable. Normalmente, se requerirá más que un gramo de vapor de agua por kilogramo de aire. Esto significa que las temperaturas tendrán que encontrarse por encima de -20 °C. Si existe la menor posibilidad de que falle un servicio vital, es necesario basarse en un método alternativo. Por lo tanto, cuando este diseño evapore líquido, normalmente será agua pero puede ser un hidrocarburo - por ejemplo, metanol - que tenga un calor latente de evaporación comparable. Cuando este diseño añada calor debido al calor latente de condensación, este puede ser el calor químico de la combustión de dicha mezcla de hidrocarburo y aire.

45 Por supuesto, esto dictaminará las especificaciones de material, bombeo y pulverización y, además, un sistema de encendido. La posibilidad de este requisito puede dictaminar rasgos distintivos de diseño incluso aunque nunca se usen en la práctica. Sin embargo, esto significa que no se requerirá planta de reserva alguna cuando se especifican estos servicios. La quema de hidrocarburos en estas circunstancias tiene un impacto nulo sobre el entorno debido a que los combustibles se sintetizarían con la potencia en exceso disponible en períodos más cálidos de mayor humedad. Si se sintetizan CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O -> hidrocarburos + O<sub>2</sub> usando potencia en exceso cuando se encuentra disponible, entonces, cuando se queman los hidrocarburos + O<sub>2</sub> -> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O y devuelve algo de la potencia que se invirtió originalmente. Obsérvese que la producción neta de CO<sub>2</sub> es nula.

50 Por lo tanto, la memoria descriptiva se puede detallar mediante la combinación de una o más de las técnicas anteriores para la producción de energía, recogida de agua, producción de energía eléctrica directa, mantenimiento del entorno de superconducción/crionómico, bombeo, calentamiento o refrigeración. La flexibilidad resultante dota a los diseñadores de un amplio abanico de elección para configurar un motor para el fin o fines requeridos.

#### Realizaciones adicionales

60 Algunas realizaciones adicionales de la presente invención incluyen:

1. Un perfil aerodinámico de turbina sustancialmente tal como se describe en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos y/o tal como se muestra en los mismos.
2. Un aparato de turbina sustancialmente tal como se describe en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos y/o tal como se muestra en los mismos.

Los aspectos de la presente invención se han descrito solo a modo de ejemplo y debe apreciarse que pueden hacerse adiciones y/o modificaciones a la misma sin apartarse del alcance de esta, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un perfil aerodinámico de turbina para un movimiento relativo en un fluido ambiente, que comprende:

5 un larguero principal que tiene una forma en sección transversal de un perfil aerodinámico con una pared lateral superior y una pared lateral inferior, un borde anterior, un borde posterior y una línea de curvatura que se extiende desde el borde anterior al borde posterior, el movimiento del perfil aerodinámico con respecto al fluido ambiente de tal modo que el fluido ambiente fluye sobre el larguero principal en una dirección aguas abajo desde el borde anterior al borde posterior, y

10 por medio de lo cual una pared lateral del larguero principal comprende, de forma secuencial desde el borde anterior al borde posterior, una primera formación de colina y una segunda formación de colina, comprendiendo cada formación de colina una primera región de una distancia progresivamente creciente desde la línea de curvatura, una segunda región de una distancia progresivamente decreciente desde la línea de curvatura y una cresta en una superficie de separación entre la primera y la segunda regiones,

15 por medio de lo cual, la primera región de la primera formación de colina se puede operar para interactuar con el fluido ambiente para acelerarlo de una velocidad relativa subsónica alta a una velocidad relativa sónica por encima de la cresta de la primera formación de colina y una velocidad supersónica después de la cresta de la primera formación de colina;

20 la primera región de la segunda formación de colina se puede operar para interactuar con el fluido ambiente para decelerar y mantener el fluido ambiente a una velocidad relativa supersónica sobre la cresta de la segunda formación de colina, y caracterizado por que el perfil aerodinámico de turbina comprende medios de descarga que se pueden operar para descargar un fluido hacia fuera al fluido ambiente que fluye sobre el larguero principal, por medio de lo cual

25 los medios de descarga descargan un fluido evaporativo para que se evapore en el fluido ambiente antes de la aparición de condensación en la segunda región de la primera formación de colina, dicha segunda región de la primera formación de colina interactúa con el fluido ambiente para acelerar el fluido ambiente de una velocidad relativa supersónica a una velocidad relativa supersónica mayor; y los medios de descarga se pueden operar además para descargar un fluido de condensación para captar o nuclear el choque de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la segunda región de la segunda formación de colina lo que decelera el fluido ambiente de una velocidad relativa supersónica a una velocidad relativa subsónica

30 y genera una presión sobre la pared lateral e imparte de ese modo empuje sobre el perfil aerodinámico.

2. Un perfil aerodinámico de turbina según la reivindicación 1, en el que el fluido evaporativo se descarga antes de un choque de condensación incipiente en el fluido ambiente que fluye sobre la primera formación de colina.

3. Un perfil aerodinámico de turbina según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el fluido de condensación se descarga antes de que tenga lugar el choque de condensación en el fluido ambiente que fluye sobre la segunda formación de colina.

4. Un perfil aerodinámico de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de descarga comprenden al menos una tobera y el fluido evaporativo y el fluido de condensación se transportan de un suministro a la o a cada tobera por medio de una disposición de conductos en el perfil aerodinámico.

5. Un perfil aerodinámico de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el larguero principal comprende una cavidad hueca que contiene un fluido de trabajo, por medio de lo cual se divide la cavidad en una pluralidad de cámaras interconectadas.

6. Un perfil aerodinámico de turbina según la reivindicación 5, en el que cada cámara comprende unos medios de válvula que se pueden operar para controlar el flujo del fluido de trabajo entre las cámaras para ajustar la presión y/o la temperatura del fluido de trabajo en cada cámara de forma independiente.

7. Un perfil aerodinámico de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido evaporativo es uno o una combinación de: agua, nitrógeno líquido y un hidrocarburo, tal como metanol.

8. Un perfil aerodinámico de turbina según la reivindicación 7, en el que el fluido evaporativo comprende partículas de fluido que tienen un diámetro que se puede operar para evaporarse en la escala del tamaño diseñado de las turbinas.

9. Un perfil aerodinámico de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido de condensación comprende partículas de fluido que se enfrían y se cargan estáticamente, tales como gotitas de agua, salmuera o partículas de hielo.

10. Un perfil aerodinámico de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido ambiente es aire húmedo.

11. Un aparato de turbina que tiene al menos un perfil aerodinámico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el aparato:

un eje de turbina y al menos un rotor que se extiende en sentido axial desde el eje, por medio de lo cual se porta un perfil aerodinámico en la punta de cada rotor,  
una disposición de conductos dentro del eje y cada rotor a través de los cuales se suministran los fluidos evaporativo y de condensación al perfil aerodinámico,  
cada rotor se configura para interactuar con el fluido ambiente para girar de tal modo que el borde anterior de un perfil aerodinámico se mueve a través del fluido ambiente para rotar de este modo el eje de turbina.

5

12. Un aparato de turbina según la reivindicación 11, en el que el choque de condensación inducido se puede operar para condensar partículas de fluido en el fluido ambiente y el perfil aerodinámico se puede configurar para desviar el fluido condensado a al menos un medio de recogida del aparato.

10

13. Un aparato de turbina según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que los medios de recogida comprenden uno o más de:

15

canales formados en una canalización a través de la cual fluye el contenido de fluido condensado a una cámara de recogida;  
una superficie de recogida de una carcasa, malla u otra superficie que rodea la turbina contra la cual se desvía el contenido de fluido condensado a una cámara de recogida; y  
uno o más tubos ciclónicos o de vórtice y una cámara de recogida para recoger el contenido de fluido condensado a lo largo del eje de turbina.

20

14. Un aparato de turbina según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende además medios de conversión de energía para convertir la energía generada por el eje de turbina rotatorio en energía eléctrica y/o mecánica.

25

15. Un aparato de turbina según la reivindicación 14, en el que los medios de conversión de energía se proporcionan en una carcasa del aparato de turbina y el eje se acopla a la carcasa, por medio de lo cual se proporcionan en la carcasa unos devanados conductores de los medios de conversión de energía para generar energía eléctrica.

30



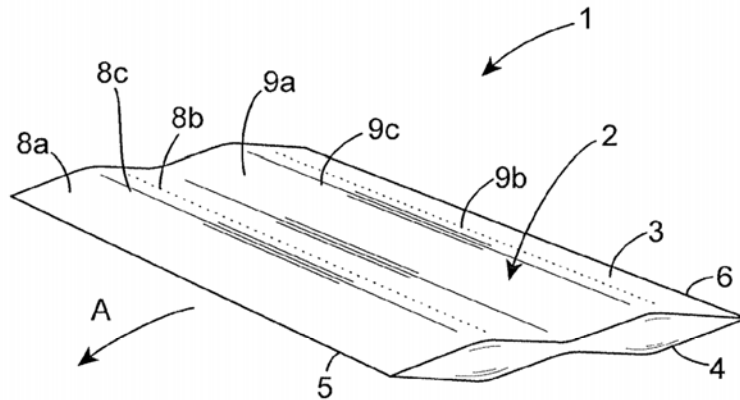


Fig. 1

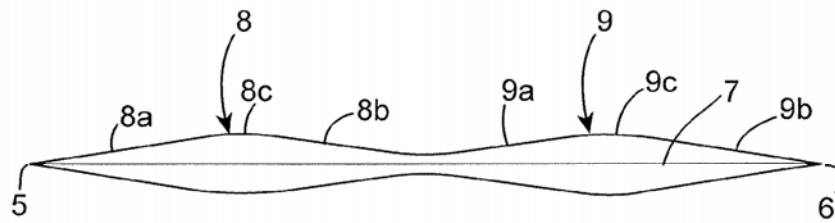


Fig. 2

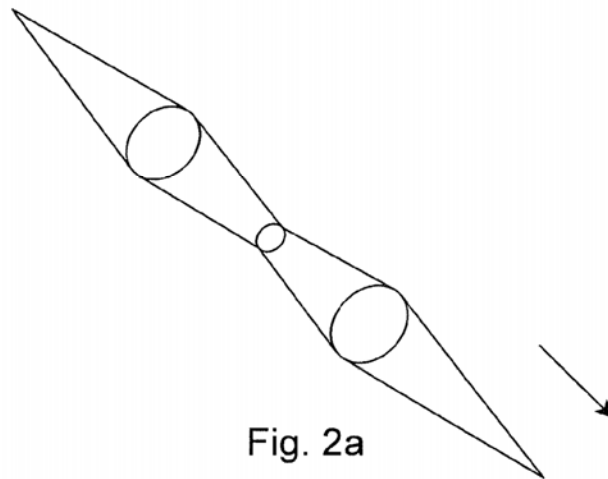


Fig. 2a

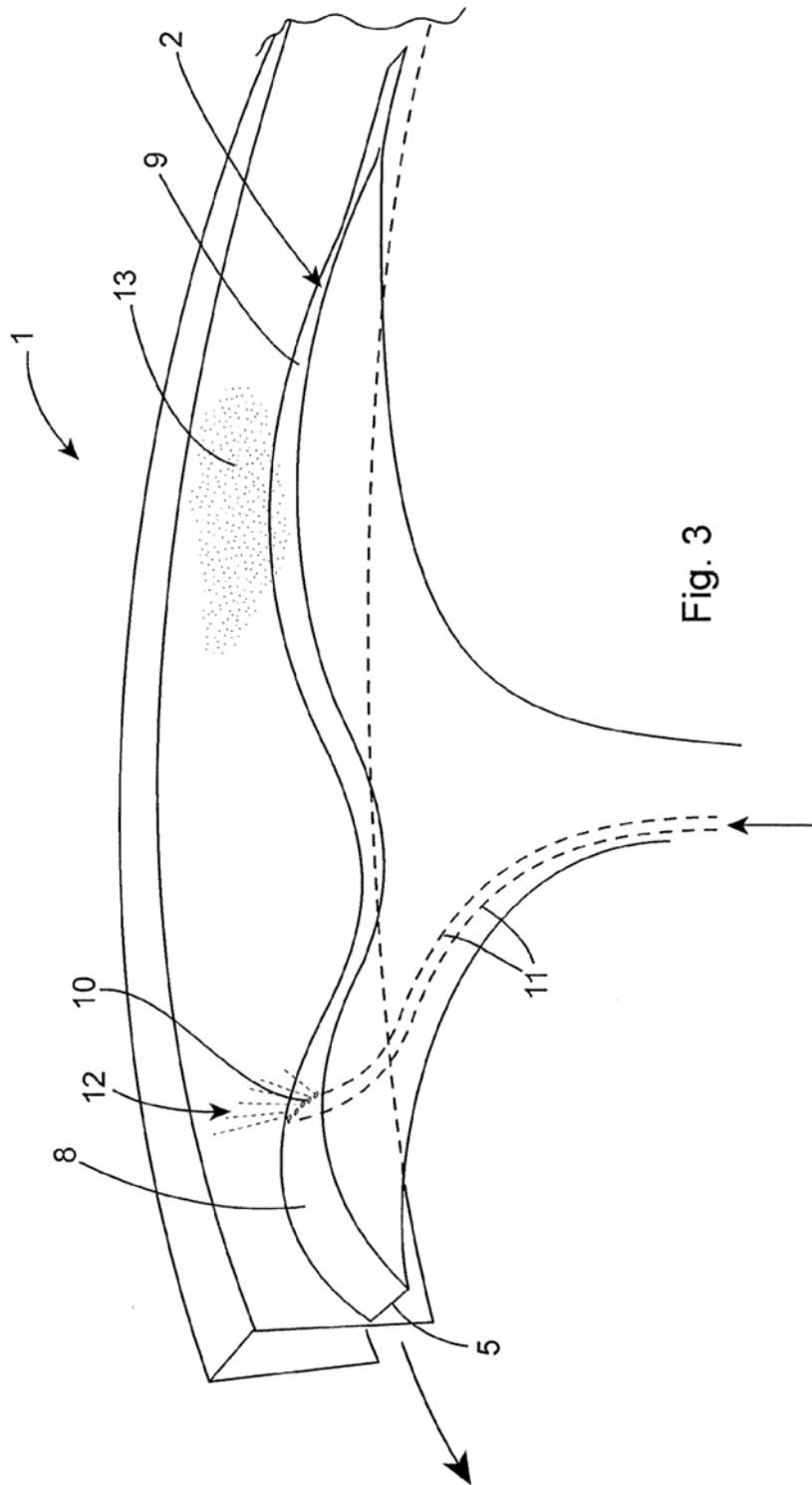


Fig. 3

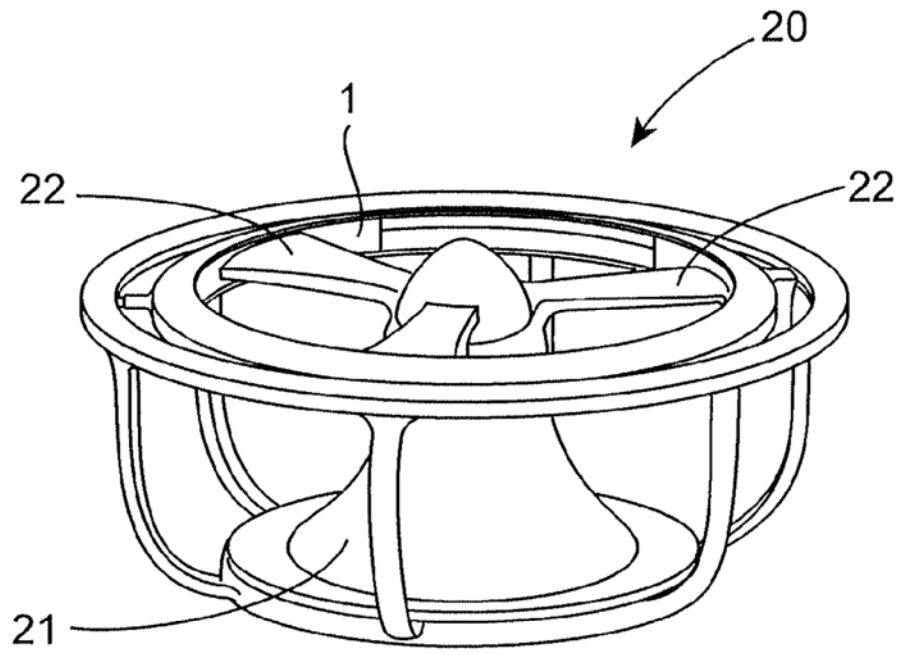


Fig. 4

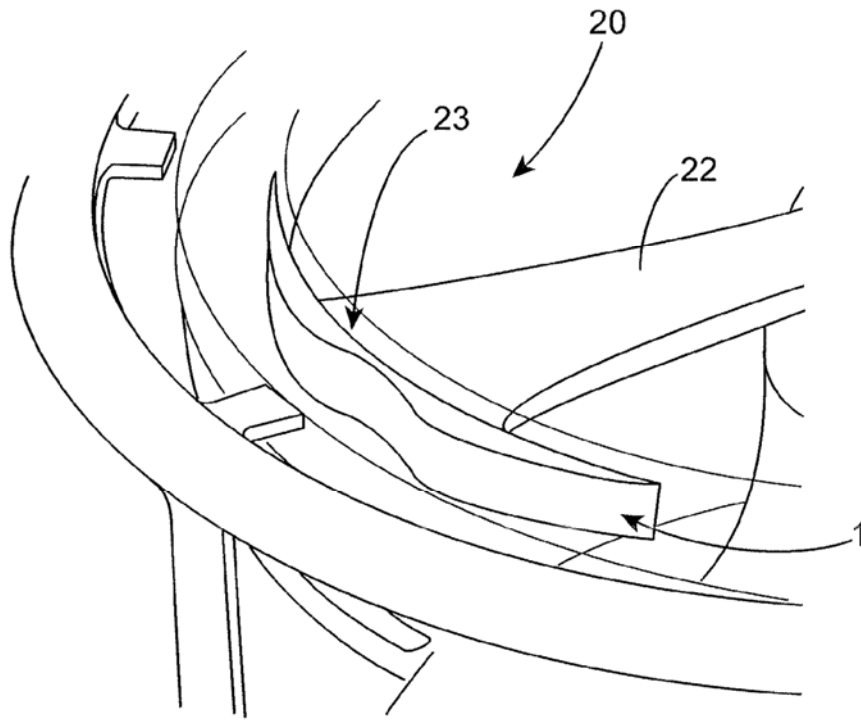


Fig. 5

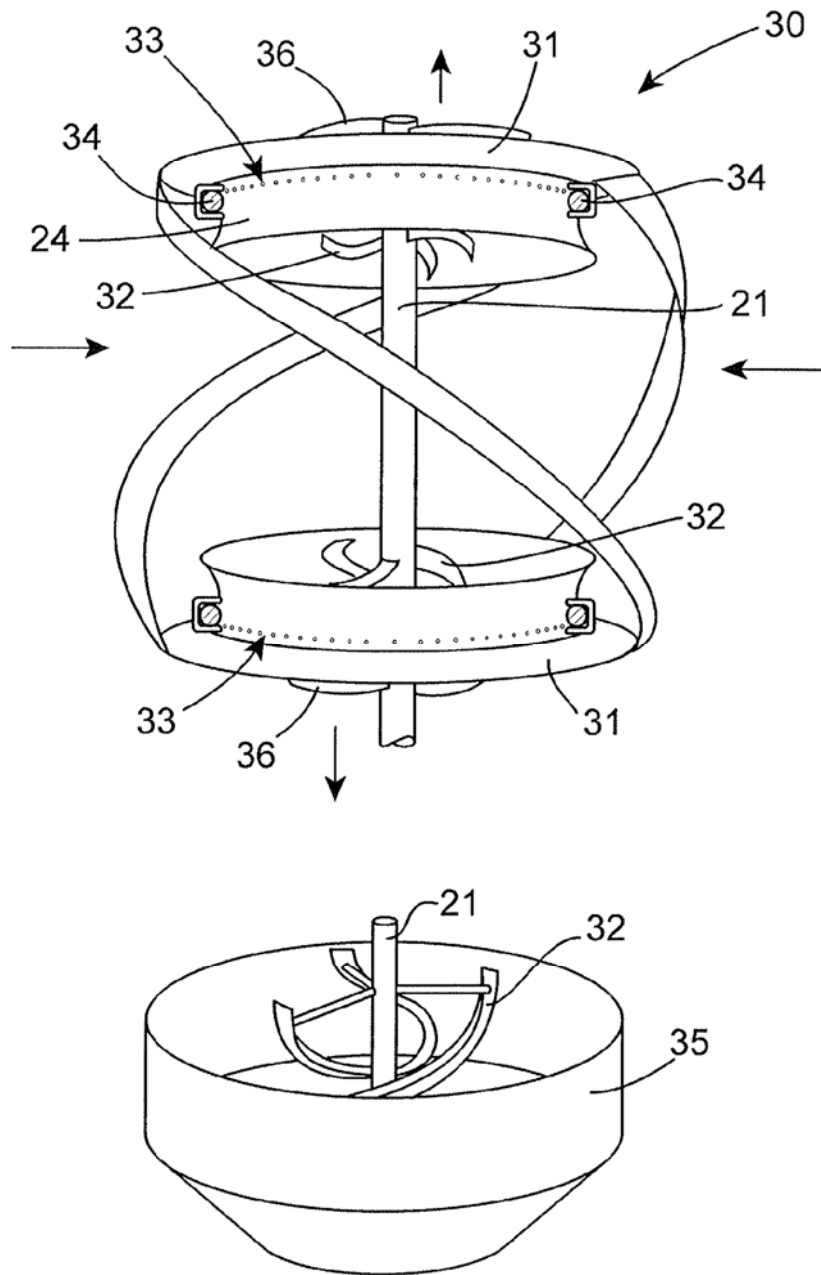


Fig. 6

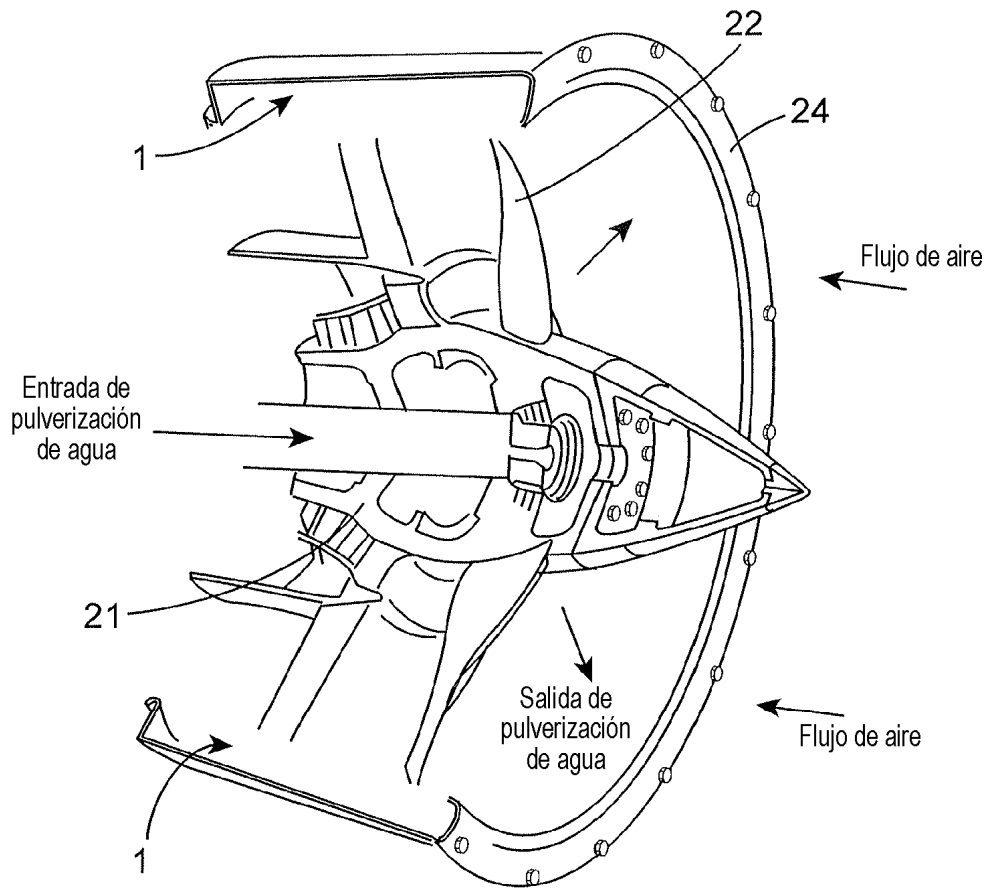


Fig. 7a

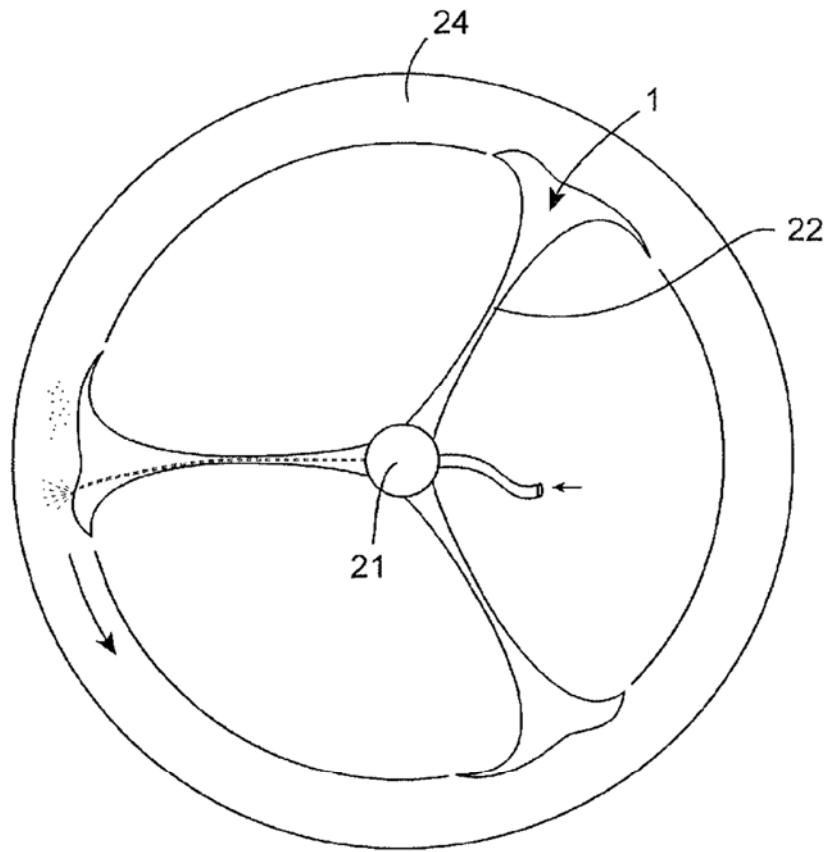


Fig. 7b

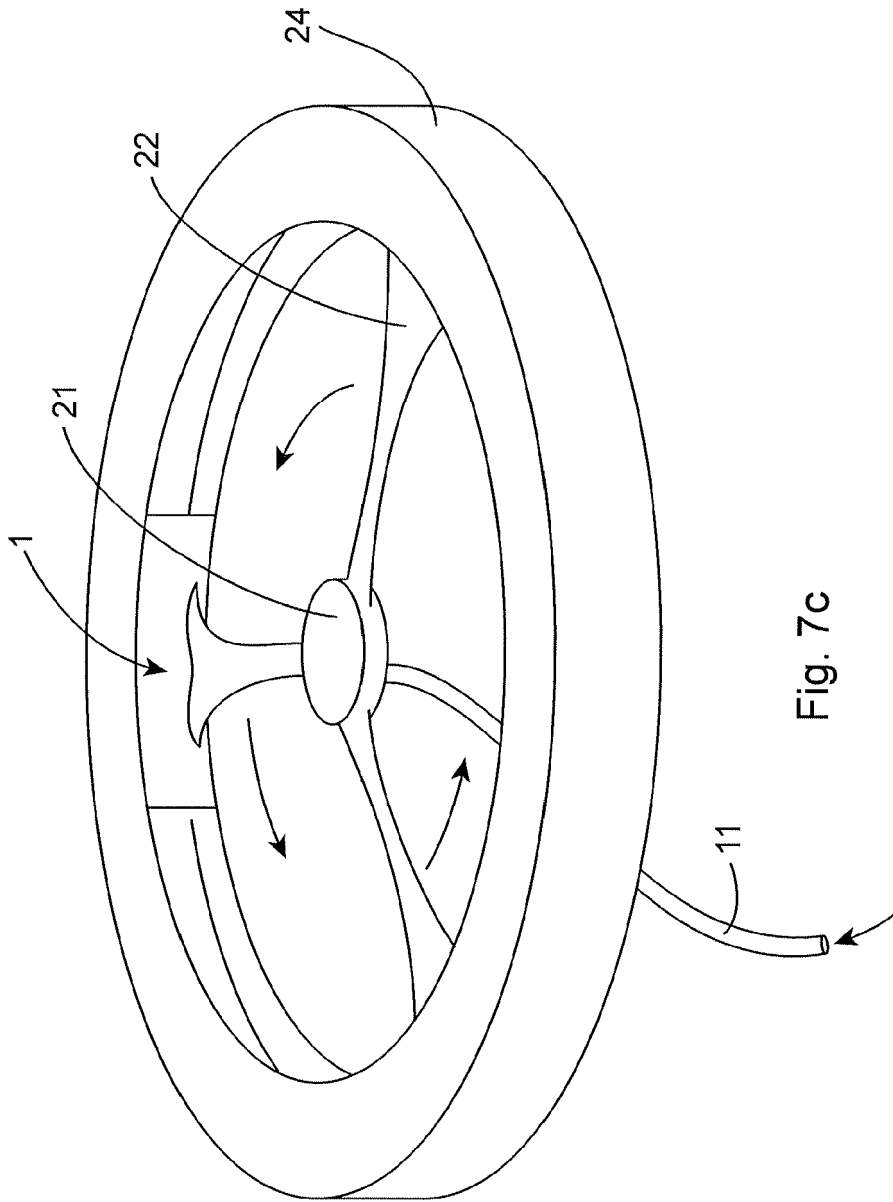


Fig. 7c



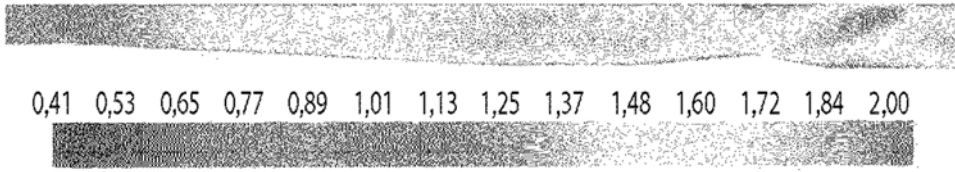


Fig. 8

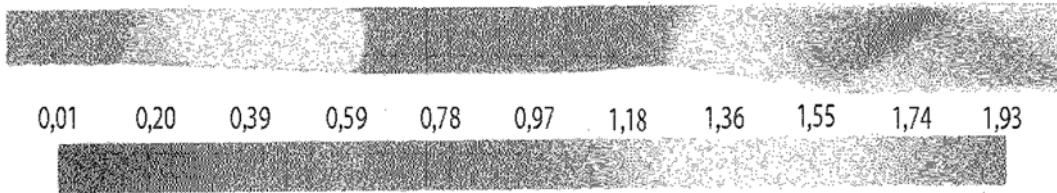


Fig. 9

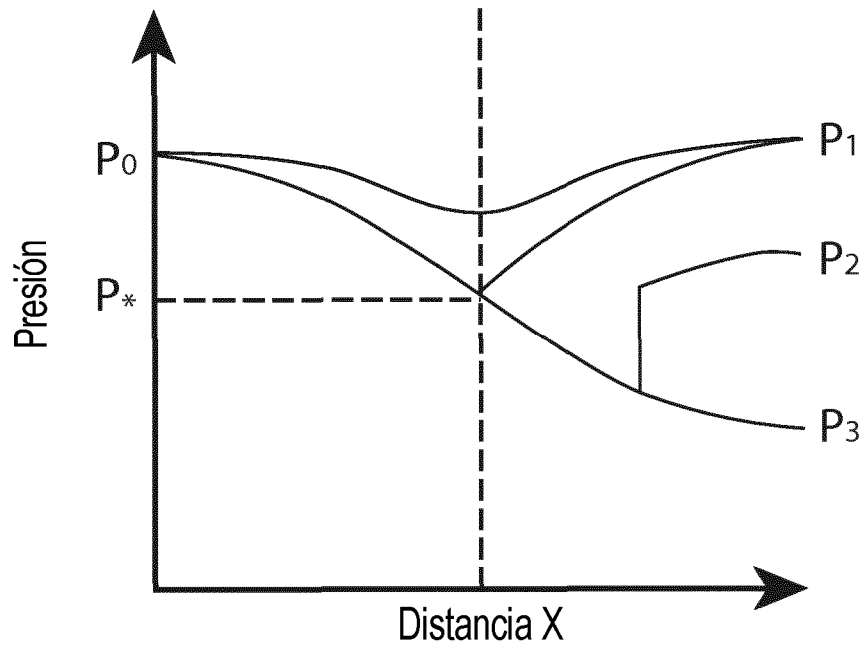


Fig. 10

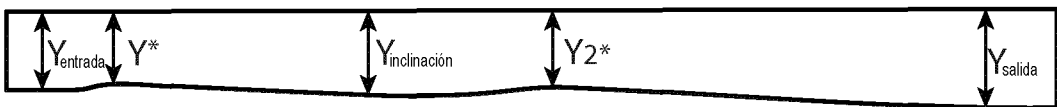


Fig. 11

		Temperatura (°C)																		
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
3 %	Humedad relativa (%)	1,46	1,47	1,47	1,48	1,48	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	1,50	1,51	1,51	1,52	1,52	1,52	1,53	1,53	1,53
6 %		1,38	1,39	1,39	1,39	1,39	1,40	1,40	1,40	1,40	1,41	1,41	1,41	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,43	1,43
9 %		1,33	1,33	1,33	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
12 %		1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,30	1,30	1,30
15 %		1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,26	1,26	1,26	1,26	1,25
18 %		1,23	1,23	1,23	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,22	1,22	1,21
21 %		1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,20	1,20	1,20	1,20	1,19	1,19	1,18	1,18	1,17
24 %		1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13
27 %		1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	1,16	1,16	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,10
30 %		1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,14	1,14	1,14	1,14	1,13	1,13	1,12	1,11	1,11	1,10	1,08	1,07	1,06
33 %		1,14	1,14	1,14	1,14	1,13	1,13	1,13	1,12	1,12	1,11	1,11	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,05	1,04	1,02
36 %		1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,11	1,11	1,11	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,00	0,97
39 %		1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,09	1,08	1,08	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,00	0,98	0,95	0,91
42 %							1,08	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	0,99	0,97	0,94	0,88	
45 %											1,04	1,02	1,01	1,00	0,98	0,95	0,92			
48 %																0,90				
51 %																				

Tabla 2 - Números de Mach post-condensación para una Turbina de Caten que funciona con 10 K de refrigeración

Fig.12

		Temperatura (°C)																		
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
3 %	Humedad relativa (%)	5,95	5,97	5,98	6,00	6,01	6,02	6,04	6,05	6,07	6,08	6,10	6,12	6,14	6,16	6,17	6,19	6,20	6,22	6,23
6 %		5,67	5,68	5,69	5,70	5,71	5,72	5,74	5,75	5,76	5,78	5,79	5,80	5,81	5,83	5,84	5,85	5,86	5,87	5,88
9 %		5,53	5,54	5,54	5,55	5,56	5,57	5,58	5,59	5,60	5,61	5,62	5,63	5,64	5,65	5,66	5,67	5,68	5,69	5,70
12 %		5,43	5,43	5,44	5,45	5,46	5,47	5,47	5,48	5,49	5,50	5,51	5,52	5,53	5,53	5,54	5,55	5,56	5,56	5,57
15 %		5,36	5,36	5,37	5,38	5,39	5,39	5,40	5,41	5,41	5,42	5,42	5,43	5,44	5,44	5,45	5,46	5,47	5,48	5,48
18 %		5,30	5,31	5,31	5,32	5,32	5,33	5,33	5,34	5,35	5,36	5,36	5,37	5,38	5,38	5,39	5,40	5,40	5,41	5,41
21 %		5,26	5,26	5,27	5,27	5,28	5,29	5,29	5,30	5,30	5,31	5,31	5,32	5,32	5,33	5,33	5,34	5,34	5,35	5,36
24 %		5,22	5,23	5,23	5,23	5,24	5,24	5,25	5,25	5,26	5,27	5,27	5,28	5,28	5,29	5,29	5,30	5,30	5,30	5,31
27 %		5,19	5,20	5,20	5,21	5,21	5,21	5,22	5,22	5,22	5,23	5,23	5,24	5,24	5,25	5,25	5,26	5,26	5,27	5,27
30 %		5,17	5,17	5,17	5,18	5,18	5,19	5,19	5,19	5,20	5,20	5,20	5,21	5,21	5,22	5,22	5,22	5,23	5,23	5,23
33 %		5,14	5,15	5,15	5,15	5,16	5,16	5,16	5,17	5,17	5,18	5,18	5,18	5,19	5,19	5,19	5,20	5,20	5,20	5,21
36 %		5,13	5,13	5,13	5,13	5,14	5,14	5,14	5,15	5,15	5,15	5,15	5,16	5,16	5,16	5,17	5,17	5,18	5,18	5,18
39 %		5,11	5,11	5,12	5,12	5,12	5,12	5,13	5,13	5,13	5,13	5,14	5,14	5,14	5,14	5,15	5,15	5,15	5,15	5,16
42 %		5,09	5,10	5,10	5,10	5,10	5,11	5,11	5,11	5,11	5,12	5,12	5,12	5,12	5,13	5,13	5,13	5,13	5,14	5,14
45 %		5,08	5,08	5,08	5,09	5,09	5,09	5,09	5,10	5,10	5,10	5,10	5,11	5,11	5,11	5,11	5,12	5,12	5,12	5,12
48 %		5,07	5,07	5,07	5,08	5,08	5,08	5,08	5,08	5,08	5,09	5,09	5,09	5,09	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,11
51 %		5,06	5,06	5,06	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,08	5,08	5,08	5,08	5,08	5,08	5,09	5,09	5,09	5,09

Tabla 3 - Profundidad con respecto a la sección central para una Turbina de Caren que funciona con 10 K de refrigeración

Fig. 13

Entrada	Garganta	Inclinación	2ª Garganta	Salida
5,044314 cm	5 cm	5,934803 cm	5,449875 cm	6,7 cm

Fig. 14

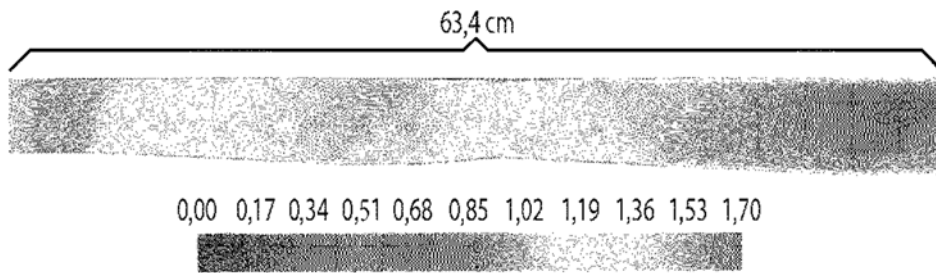


Fig. 15

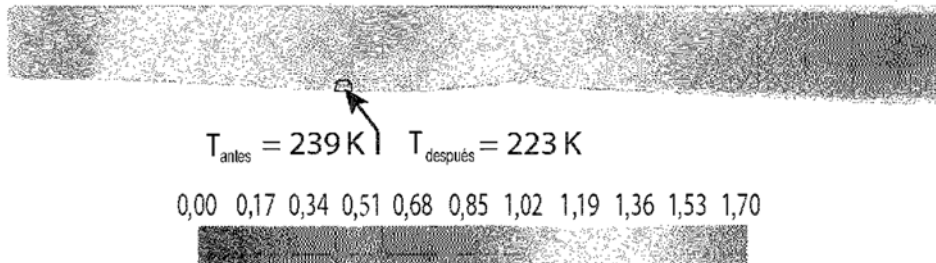


Fig. 16

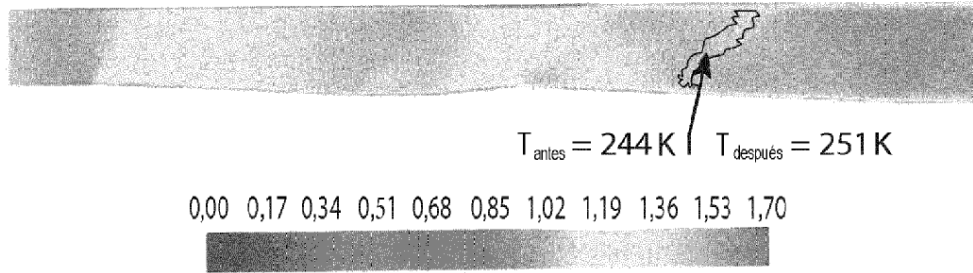


Fig. 17

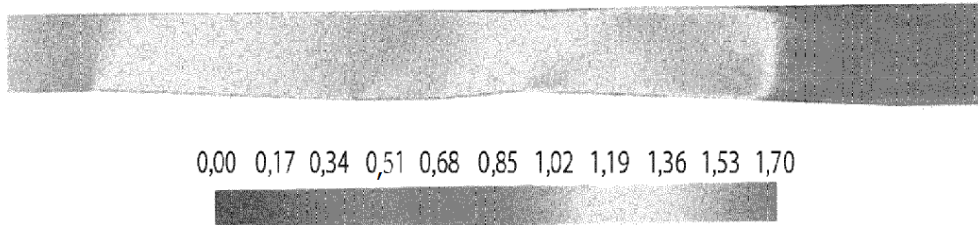


Fig. 18

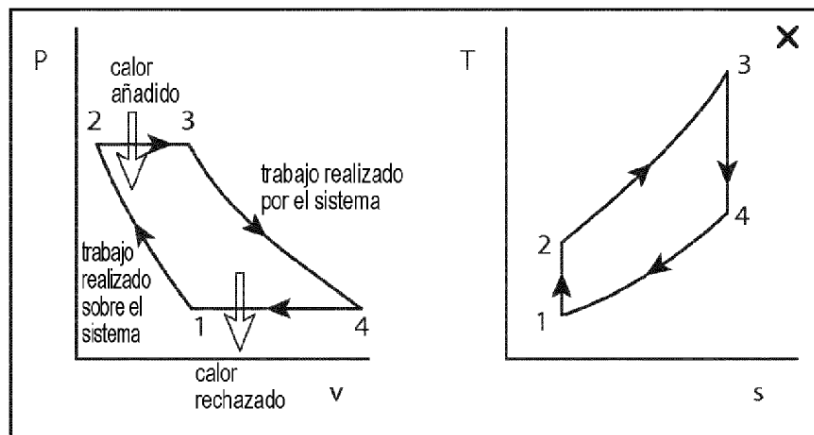


Fig. 19