

DISPOSITIVO DE COLUMNA DE AGUA OSCILANTE MODULAR CON TURBINA DE FLUJO BIDIRECCIONAL

5

RESUMEN:

La presente invención está relacionada con un dispositivo de columna de agua oscilante modular que se compone de una cámara de aire (1) y un sistema de flujo (2). El sistema de flujo (2) comprende una tobera-difusor inferior (3), una tobera-difusor superior (5), una
10 malla de protección (6) y un techo para protección (7). Además de un conversor de energía (4) que comprende una turbina de flujo bidireccional (10), un volante de inercia (20), unos álabes directrices superior e inferior (9), unos direccionadores superior e inferior (8) y un generador eléctrico.

15

El dispositivo de columna de agua oscilante se caracteriza porque cada sistema del prototipo es modular para facilitar su instalación y mantenimiento sin realizar obras civiles de gran envergadura. Su aplicación es para la generación de energía eléctrica en zonas costeras, en áreas de diversa intensidad de oleaje marino.

20

SECTOR TECNOLÓGICO:

La presente invención se encuentra dentro del sector de la ingeniería mecánica, con énfasis en el diseño y construcción de componentes mecánicos para la generación de
25 energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

ANTECEDENTES:

Durante los últimos años se han desarrollado múltiples soluciones para la obtención de
30 energía eléctrica a partir de fuentes renovables. La motivación surge desde los retos que presenta la humanidad frente al agotamiento de los recursos naturales no renovables y los desafíos que impone el cambio climático. Al respecto, una de las fuentes de energía

renovables aprovechables se encuentra en el mar, de donde se puede obtener energía eléctrica a través de distintos fenómenos, entre los que se incluyen: la marea (Mareomotriz), las corrientes marinas, el gradiente térmico (Maremotérmica), el gradiente salino y el movimiento de las olas (Undimotriz).

5

La energía Undimotriz se presenta como una alternativa técnica, cuyos costos de implementación pueden ser inferiores a las otras opciones previamente analizadas. Las tecnologías relacionadas al campo Undimotriz obtienen energía eléctrica aprovechando el aire generado por el movimiento oscilante de las olas de mar. Uno de los dispositivos más
 10 comunes usados para este propósito es la columna de agua oscilante. La columna de agua oscilante consiste en una combinación de una columna/cámara de aire y un sistema conversor de energía, ambos elementos están acoplados para confinar un volumen de aire al interior de la columna/cámara de aire y transformar el impulso asociado en energía útil, usando el sistema de conversión de energía (generalmente una turbina más otros
 15 componentes auxiliares). Los dispositivos de columna de agua oscilante se encuentran limitados en su implementación, debido a sus condiciones de funcionamiento (que dependen de la zona donde se instalan estos dispositivos) y a la eficiencia propia del sistema de conversión de energía.

20 Un antecedente del estado de la técnica se encuentra en la invención GB8316310A0, la cual presenta un acople de turbina y cámara de aire para la obtención de energía a partir del aire impulsado por el movimiento de las olas del mar. La introducción de una turbina convencional, que consigue transformar el movimiento bidireccional del aire en energía eléctrica, se presenta como una ventaja técnica de la invención. No obstante, la invención
 25 presenta pérdidas de energía asociadas al diseño del acople cámara de aire con la turbina, además de requerir el uso de obras civiles para su instalación. Lo cual hace la invención dispendiosa e inconveniente para su uso en zonas no interconectadas.

Otro ejemplo de columna de agua oscilante se encuentra en la patente JP5550753B1, que
 30 divulga un dispositivo que comprende una cámara de aire y una turbina de energía undimotriz, la cual conduce un dispositivo de generación de energía undimotriz, este conjunto de elementos ubicado en la parte superior de un dispositivo flotante tubular. Las

ventajas de este dispositivo se encuentran en la simplificación de su estructura, la ligereza de los materiales empleados y su facilidad de mantenimiento. Sin embargo, el dispositivo presenta dificultades para su extensibilidad, ya que se encuentra diseñado para su uso exclusivo como elemento flotante, lo cual reduce su adaptabilidad a condiciones marítimas extremas.

Un mejoramiento de las características técnicas correspondientes al dispositivo de conversión de energía (turbina y elementos auxiliares) se presenta en la patente CN108361145B, que describe un acople de conversión de energía basado en la optimización de la turbina Wells para su uso en dispositivos de columna de agua oscilante. Esta invención comprende un eje tubular, unas aspas dinámicas, un casquillo de eje y una turbina de eje montada sobre dicho casquillo de eje. El acople de estos elementos permite un mejor desempeño y eficiencia al momento de operar la turbina Wells en comparación con las turbinas de impulso. Dichas turbinas Wells (de acuerdo con los inventores), presentan una eficiencia máxima y una estructura más simple. Al respecto, el uso de turbinas de impulso no solo puede ampliar la eficiencia del dispositivo en comparación con las turbinas Wells tradicionales, sino que una mejora en los álabes y los elementos auxiliares de la turbina puede conseguir resultados más efectivos, que permiten aprovechar velocidades de flujo de aire más bajos en condiciones naturales variables.

El problema técnico por resolver resulta entonces en la obtención de energía eléctrica, a partir del movimiento de las olas del mar, usando un dispositivo o sistema eficiente que pueda adaptarse al amplio rango de condiciones naturales no controlables de la superficie marítima, con énfasis en alternativas que no presenten dificultades en su instalación y mantenimiento, tal que, el dispositivo o sistema, pueda ser fácilmente instalado en zonas no interconectadas sin que exista un impacto negativo a su entorno.

En consecuencia, el objetivo de la invención propuesta es resolver el problema técnico anteriormente expuesto. Esto a partir del desarrollo de un dispositivo modular de columna de agua oscilante, enfocado en el mejoramiento de las características técnicas relacionadas con la turbina y los componentes auxiliares. De manera que el dispositivo

consiga aprovechar al máximo el menor potencial energético del mar, con un impacto ambiental mínimo.

5 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

FIG 1. Muestra una vista frontal de la realización preferida del dispositivo portable de columna de agua oscilante.

10 FIG 2. Muestra una vista lateral de una realización preferida del sistema de flujo.

FIG 3. Muestra una vista en corte frontal de dos realizaciones posibles del sistema de conversión de energía.

15 FIG 4. Muestra una vista explosionada de una realización preferida del interior del elemento de conversión de energía.

FIG 5. Muestra un ejemplo de una vista lateral del álabe del direccionador.

20 FIG 6. Muestra una vista isométrica de algunas de las turbinas que componen las realizaciones preferidas de la invención.

FIG 7. Muestra una vista frontal detallada de una realización de la turbina de impulso modificada.

25

FIG 8. Muestra una vista frontal del ensamble de una realización del techo de protección.

FIG 9. Muestra una vista isométrica explosionada de una realización de la rejilla protectora.

30 FIG 10. Muestra una vista superior y una vista inferior en perspectiva de una realización del volante de inercia.

DESCRIPCIÓN GENERAL

5

Introducción al dispositivo

La presente invención consiste en un dispositivo de columna de agua oscilante que permite la conversión de las corrientes de aire (producto del movimiento de las olas) en energía eléctrica, a partir del paso de aire por un sistema de conversión de energía. El mecanismo de operación de este dispositivo consiste en el aprovechamiento del movimiento del aire y el impulso de un sistema de conversión de energía. La cantidad de energía generada dependerá entonces de la eficiencia de dicho sistema de conversión, asimismo como la velocidad del aire que atraviesa el dispositivo de conversión de energía. Por lo tanto, los elementos que se describen en este documento hacen parte de un dispositivo que optimiza el paso de aire y la energía obtenida por efectos de este.

La información que se divulga en este documento, al igual que cualquier discusión derivada de la misma, hace referencia a elementos para la conversión de energía proveniente de la oscilación del mar. Sin embargo, los componentes que se exponen a continuación pueden ser adaptados a otras aplicaciones en las que puedan ser requeridos (sistemas, dispositivos y/o mecanismos) para la solución de otros problemas técnicos. En consecuencia, la información correspondiente a dichos componentes puede extenderse a dichas alternativas de solución de otros problemas técnicos, distintos a la conversión de energía proveniente de la oscilación del mar.

En la figura 1 se muestra una primera realización del dispositivo de columna de agua oscilante, el cual comprende principalmente de una cámara de aire (1) y un sistema de flujo (2). El sistema de flujo (2) se encuentra ubicado en la región superior de la cámara de aire (1) de manera que permita el ingreso de la ola por su abertura inferior y convertirla en flujo de aire ascendente y descendente que posteriormente será dirigido hacia el sistema de flujo (2).

Cámara de aire

- 5 En una de las realizaciones de la invención se representa la cámara de aire (1) como un elemento cilíndrico de dimensiones consideradas. Esto con el objetivo de usarla en condiciones mínimas de oleaje y que derive al aprovechamiento máximo de la energía del mar, cuyas condiciones de oleaje se pueden encontrar de 1 a 4 metros de alto. En otras realizaciones de la invención se puede usar un tubo, una columna, un canal o conducto
- 10 que comprenda una superficie interior hueca, de tal forma que permita el transporte del volumen de aire en dirección al sistema de flujo (2).

En una de las realizaciones de la invención, la cámara de aire puede tener una forma cilíndrica con una altura entre los 2 y los 15 metros, un diámetro interno entre los 0.5 y los

15 4 metros y un diámetro externo ligeramente superior entre los 0.6 y los 4.2 metros. En una realización preferida de la invención, la cámara de aire tiene una forma cilíndrica con 6 metros de altura, diámetro interno de 1.3 metros y diámetro externo de 1.4 metros.

El uso de una estructura cilíndrica para la cámara de aire tiene el propósito de hacer al

20 dispositivo fácil de transportar y de instalar, brindándole la opción de usar un soporte que se acople a las múltiples condiciones geográficas de cualquier zona costera donde se instale el dispositivo. Además, la cámara de aire cilíndrica tiene el propósito de disipar los esfuerzos directos y frontales producidos por el oleaje y hacer al dispositivo fácil de transportar y de instalar. Sin embargo, para no limitar la extensión de la invención,

25 cualquier otra estructura (dentro de las posibilidades mencionadas anteriormente) que facilite la instalación del dispositivo de columna de agua, puede reemplazar la estructura cilíndrica como una realización alternativa de la invención.

En una de las realizaciones de la invención la cámara de aire (1) puede ser elaborada en

30 polietileno de alta densidad, cloruro de polivinilo, polipropileno y concreto para estructuras marinas.

Sistema de flujo

La figura 2 enseña el detalle del sistema de flujo (2), dentro de una de las representaciones de la invención, el cual comprende: una tobera-difusor inferior (3), un sistema conversor de energía (4), un tobera-difusor superior (5), una malla de protección (6) y un techo para protección (7), el cual se caracteriza en esta realización porque tiene una superficie superior cónica.

El sistema de flujo (2) se caracteriza porque comprende la tobera-difusor inferior (3), los cuales están ubicados en la parte superior de la cámara de aire (1) con el propósito de aplicar un aumento de la velocidad del aire a partir del efecto Venturi desde la cámara de aire (1) hacia los demás componentes del sistema de flujo (2).

El sistema de flujo (2) a su vez se comprende de la tobera-difusor superior (5) ubicada encima del sistema conversor de energía (4), de manera tal que se pueda aplicar un aumento de la velocidad del aire a partir del efecto Venturi desde el extremo superior del dispositivo de columna de agua con dirección hacia el sistema conversor de energía (4).

El sistema de flujo (2) se caracteriza porque comprende el sistema conversor de energía (4) y un conjunto de empaques de sello, ubicados entre las toberas-difusoras (3) (5). El conjunto de empaques para sello puede ser fabricado en neopreno de alta densidad o elastómero.

25 Toberas difusoras

En una de las representaciones preferidas de la invención, se empotra en la parte superior de la cámara de aire (1) una tobera-difusor (3) que permite el aumento o reducción de la velocidad del aire en función de la dirección hacia donde fluye el aire, basado en los sentidos de oscilación de las olas (ascendente y descendente). La tobera-difusor inferior (3) tiene un diámetro mayor interno igual al diámetro externo de la cámara de aire (1), el

cual se estrecha hasta un diámetro superior interno en una relación de 1 a 6 con respecto al diámetro inferior.

En una de las representaciones preferidas de la invención la tobera-difusor inferior (3) tiene un ángulo entre 20° y 60° sobre la horizontal (3c) correspondiente al ángulo θ de la figura 2 (con mayor preferencia a un ángulo de 40°) entre la abertura de diámetro mayor y la abertura de diámetro menor. Dicha tobera-difusor inferior (3) se caracteriza a su vez porque puede llevar entre 6 y 10 nervios de refuerzo para conservar su rigidez estructural. En adición, la tobera-difusor se caracteriza por un espesor entre los 3 y los 15 milímetros, con mayor preferencia a un espesor de 6 milímetros.

En una de las representaciones preferidas de la invención, se empotra en la parte superior del sistema conversor de energía (4) la tobera-difusor superior (5) que permite el aumento o reducción de la velocidad del aire en función de la dirección hacia donde fluye el aire con base en los dos sentidos de la oscilación de las olas (ascendente y descendente). La tobera-difusor superior (5) tiene un diámetro menor interno igual al diámetro interno del sistema conversor de energía (4), el cual se expande hasta un diámetro mayor interno de 1.3 a 4 veces mayor que el diámetro menor interno.

En una de las representaciones preferidas de la invención la tobera-difusor superior (5) tiene un ángulo entre 20° y 60° sobre la horizontal (5a) correspondiente al ángulo β de la figura 2 (con mayor preferencia a un ángulo de 40°) entre la abertura de diámetro mayor y la abertura de diámetro menor. Dicha tobera-difusor superior (5) se caracteriza a su vez porque puede llevar entre 6 y 10 nervios de refuerzo para conservar su rigidez estructural. En adición, la tobera-difusor se caracteriza por un espesor entre los 3 y los 15 milímetros, con mayor preferencia a un espesor de 6 milímetros. Esta tobera-difusor superior se caracteriza por ser más corta en su vertical.

En una de las realizaciones de la invención, las toberas-difusoras inferior (3) y superior (5) pueden ser elaborados en fibra de vidrio, aluminio o acero inoxidable.

Sistema conversor de energía

El sistema conversor de energía (4) comprende la integración de varios componentes acoplados al interior de una estructura geométrica hueca que permite el paso de aire proveniente de las toberas-difusoras (3) y (5). En una realización preferida de la invención, la estructura geométrica hueca del conversor de energía (4) puede ser elaborada en acero inoxidable, aluminio, entre otros materiales metálicos. En una realización preferida de la invención la estructura geométrica hueca del conversor de energía es un cilindro, no obstante, la estructura geométrica puede ser de otro tipo (canales, tubos, canales o conductos) siempre y cuando permita el acople con las toberas-difusoras inferior (3) y superior (5).

El elemento conversor de energía (4) debe sujetarse de forma fija a las toberas-difusoras inferior (3) y superior (5), por lo que el diámetro interno del elemento (4) debe ser igual a los diámetros menores de ambas toberas-difusoras inferior (3) y superior (5). En adición, el conversor de energía (4) se caracteriza por tener un espesor de la estructura geométrica hueca entre los 6 y los 18 milímetros con mayor preferencia a un espesor de 9.6 milímetros. El elemento conversor de energía (4) se caracteriza por tener una altura entre los 100 y 600 milímetros, donde en una realización preferida de la invención tiene una altura de 300 milímetros.

Adicionalmente, la sujeción a las toberas-difusoras inferior (3) y superior (5) puede hacerse a partir de un conjunto de 2 flanches con un conjunto de 6 a 8 tornillos.

25

El sistema conversor de energía (4) se caracteriza por su modularidad (facilidad de intercambio y acople de sus componentes). En la figura 3 se ilustran algunas de las representaciones del sistema conversor de energía (4) de acuerdo con las posibles realizaciones de la invención. En la figura 3a se enseña una posible realización de la invención, donde el conversor de energía (4) comprende un generador eléctrico de 1 kW de potencia, mientras que en la figura 3b se enseña otra posible realización de la invención donde el conversor de energía (4) comprende un generador eléctrico de 2 kW de potencia.

30

Un mejor detalle de la característica modular del conversor de energía (4) se observa en la figura 4, en la cual se enseña una de las representaciones del detalle del conversor de energía (4). En la figura 4 se pueden identificar algunos de los componentes que caracterizan el conversor de energía (4) tales como: unos direccionadores superior e inferior (8), unos álabes directrices superior e inferior (9), una turbina de flujo bidireccional (10), un volante de inercia (20) y los componentes propios de un generador eléctrico tales como: un rotor (11), un estator (12), una manzana o soporte (13) y unos brazos centradores del soporte (14), un eje central (21) y un acople o flanche de unión (15). Como alternativa, el conjunto de componentes que comprende el elemento conversor de energía (4) puede estar integrado a un acople o flanche de unión (15).

El elemento conversor de energía (4) se caracteriza porque sus componentes pueden ser intercambiados sin la necesidad de hacer cambios mecánicos significativos. Es decir, que los componentes son intercambiables siempre y cuando se incorporen las características mínimas del conversor de energía (4). El diseño modular permite tener la posibilidad de intercambiar cada uno de los componentes y tener múltiples diseños posibles, con el propósito de evaluar la mejor combinación entre estas características, para obtener la mayor cantidad de energía eléctrica en el dispositivo de columna de agua oscilante. Además, este sistema facilita el mantenimiento de los componentes en un momento determinado.

Una de las realizaciones del conversor de energía (4) se caracteriza porque tiene tres partes principales encargadas del direccionamiento del flujo de aire y transformación de la energía con las menores pérdidas posibles de la misma. Estas son una turbina de flujo bidireccional, unos direccionadores y unos álabes directrices.

Direccionadores superior e inferior

El conversor de energía (4) se caracteriza porque los direccionadores (8) tienen una forma semiesférica. Su función es la de recibir el aire y acomodarlo en un flujo laminar. El diseño semiesférico mejora la aerodinámica y les permite reducir la turbulencia del aire al entrar

en contacto con los álabes directrices superior e inferior (9) en una de las realizaciones de la invención. Los direccionadores (8) se encuentran ubicados en los extremos superior e inferior del conversor de energía (4).

5 Direccionadores superior e inferior

El conversor de energía (4) comprende unos álabes directrices superior e inferior (9) que se encuentran acoplados a los direccionadores (8) en el extremo recto de los direccionadores (8) tal y como se ejemplifica en la figura 4. Los álabes directrices superior e inferior (9) se caracterizan porque comprenden un conjunto de álabes con un ángulo de inclinación entre 10° y 40°. Este diseño (ejemplificado en la vista lateral de los álabes de los direccionadores en la figura 5) permite un aumento de la velocidad del flujo de aire mientras este se direcciona con un flujo laminar hasta llegar de manera más directa a la turbina de flujo bidireccional (10), optimizando su desempeño.

15

Turbina de flujo bidireccional

El conversor de energía (4) se caracteriza porque la turbina de flujo bidireccional (10) puede ser seleccionada entre una turbina tipo Wells, una turbina de impulso convencional o una turbina de impulso modificada. Una ilustración de algunas de las posibles turbinas que se pueden integrar al sistema conversor de energía (4) se muestra en la figura 6 donde se observan ejemplos representativos de la turbina de impulso modificada (10a) y la turbina tipo Wells (10b). Las turbinas tipo Wells o turbina de impulso pueden ser seleccionadas a partir de diseños tradicionales.

25

El conversor de energía (4) se caracteriza porque el ángulo de inclinación del conjunto de álabes de los direccionadores superior e inferior (9) es preferiblemente 30° si se acoplan con la turbina de impulso o la turbina tipo Wells (10b).

30 Si se selecciona una turbina de impulso modificada (10a), esta se caracteriza porque es un cilindro con una altura entre 30 y 50 milímetros (con preferencia de aproximadamente 43 milímetros) y diámetro entre 200 y 400 milímetros (con preferencia de 250 milímetros).

La turbina de impulso modificada (10a) se caracteriza porque comprende una matriz circular de entre 25 y 35 álabes de perfil elíptico distribuidos de manera uniforme.

5 El conversor de energía (4) se caracteriza porque el ángulo de inclinación del conjunto de álabes de los direccionadores superior e inferior (9) es preferiblemente 15° si se acoplan con la turbina de impulso modificada (10a).

Una realización preferida de la turbina de impulso modificada (10a) se ilustra en la figura 7, donde se detallan las características de los álabes de la turbina que la diferencian de una turbina de impulso convencional. Tal y como se ejemplifica en la figura 7, la turbina de impulso modificada (10a) comprende un grado de reacción superior a la turbina de impulso convencional. El grado de reacción se define como el porcentaje de estrangulamiento dentro de los álabes de la turbina. En la figura 7, se ilustra como la distancia entre los álabes es inferior en la sección intermedia del álabe (A), en comparación con los extremos del álabe (B). En las turbinas de impulso convencionales, dependiendo de los parámetros de diseño establecidos, la distancia entre álabes puede ser idéntica sin distinguir la sección intermedia (A) de los extremos (B). La diferencia característica para la invención es que se cuenta con un grado de reacción entre el 10 y el 20 %, lo que representa un porcentaje de reducción en la distancia entre los álabes en la sección intermedia.

20

Este diseño particular se hace para generar una compresión del flujo de aire tanto en los álabes directrices superior e inferior (9) como en los álabes de la turbina (10). En consecuencia, la corriente de aire genera dos saltos entálpicos, uno en los álabes de la turbina (10) y otro en los álabes directrices superior e inferior (9), lo que hace que la turbina de impulso modificada se mueva más rápido que sus contrapartes donde sólo se genera un salto entálpico, producto de la compresión de flujo en los álabes de los álabes directrices superior e inferior (9).

25

Generador eléctrico

30

El conversor de energía (4) se caracteriza porque el rotor (11) del generador eléctrico comprende de una estructura que contiene un segmento de imanes. Dicho conversor de

energía (4) se caracteriza porque el estator (12) está ubicado en medio del rotor (11) a partir de un eje central (21). El conversor de energía (4) se caracteriza porque el rotor (11) está acoplado a la turbina de flujo bidireccional (10) por medio de un acople o flanche de unión (15) de manera que el movimiento rotativo generado en la turbina (10) impulsa a su vez el rotor (11).

En una realización preferida del conversor de energía (4), este se caracteriza porque el rotor (11) y estator (12) pueden ser seleccionados entre modelos comerciales de ambos dispositivos que cumplan con una generación de potencia eléctrica de 1kW, 2kW, 3kW y 4kW.

El conversor de energía (4) se caracteriza porque los brazos centradores del soporte (14) se encuentran acoplados a los extremos de la manzana o soporte (13) y a las paredes internas del conversor de energía (4), para rectificar el centro de la manzana o soporte (13) en el interior del conversor de energía (4). El conversor de energía (4) puede comprender entre 2 y 5 brazos centradores del soporte (14). Ambos componentes característicos manzana o soporte (13) y brazos centradores del soporte (14) se encuentran ubicados en la parte inferior del rotor (11) y el estator (12) y unidos a dichos elementos a través de un eje central (21).

El conversor de energía (4) se caracteriza porque opcionalmente puede incluir un volante de inercia (20) ubicado encima de la turbina de flujo bidireccional (10). Un ejemplo del volante de inercia se muestra en la figura 10. El volante de inercia (20) tiene la función de modificar el peso de la turbina y se usa para permitir la conservación de la energía cinética en el rotor (11) acoplado a la turbina (10).

Techo protector

El sistema de flujo (2) se caracteriza porque el techo protector (7) se encuentra ubicado en el extremo superior del sistema de flujo (2), encima de la malla de protección (6). Este techo tiene la función de sellar el espacio expuesto de la malla de protección para evitar el ingreso de animales u objetos sólidos al dispositivo de columna de agua oscilante. El

techo protector (7), se caracteriza porque tiene un diámetro externo entre 1000 y 2000 milímetros (preferiblemente 1500 mm) y una altura entre 100 y 400 milímetros (preferiblemente 190 mm).

- 5 Una de las realizaciones del techo protector (7) comprende una cubierta inferior (16) y una cubierta superior (17) tal y como se ilustra en la figura 8. La cubierta superior (17) se caracteriza por tener una forma cónica que permite el flujo de agua de lluvia hacia el exterior de la invención y protege los componentes mecánicos y eléctricos integrados en el sistema de flujo (2) de posibles daños. La cubierta inferior (16) tiene una forma cónica
- 10 en su centro (de menor diámetro que el diámetro de la cubierta superior (17) acoplada de forma tal que permite que el flujo de aire circule por la superficie de la cubierta inferior y se dirija hacia el exterior sin causar turbulencias dentro del sistema de flujo (2). El techo protector (7) es preferiblemente fabricado en fibra de vidrio, aluminio o acero inoxidable.

15 Rejilla protectora

- El sistema de flujo (2) se caracteriza porque la malla de protección (6) está acoplada entre el techo protector (7) y el extremo superior de la tobera-difusor superior (5). Su función es la de proteger el sistema de flujo (2) de cualquier elemento que intente ingresar a este,
- 20 evitando riesgos en su funcionamiento. La malla de protección (6) permite además el ingreso del aire hacia el dispositivo para su correcto funcionamiento. La malla de protección (6) se caracteriza porque comprende una estructura de soporte (18) y una rejilla protectora (19) tal y como se ilustra en la figura 9.

- 25 La rejilla de protección (6), se caracteriza porque tiene un diámetro externo entre 500 y 900 milímetros (preferiblemente 736 mm) y una altura entre 200 y 600 milímetros (preferiblemente 350 mm).

Ventajas y resultados

30

Los estudios arrojan que se pueden obtener entre 3 y 4 kW por metro de frente de onda durante todo el año. El dispositivo que se plantea presenta diferencias predominantes

frente a otras tecnologías en cuanto sus condiciones de instalación y efectos sobre el medio ambiente. En particular se presentan las siguientes ventajas técnicas:

- Reducción de las dimensiones geométricas en comparación con otros dispositivos.
- 5 - Facilidad y practicidad de instalación debido a su diseño modular y el acople sencillo de componentes
- Mejor aprovechamiento de la energía de las olas por metro cuadrado.
- Evitar obras civiles para la construcción del dispositivo.
- Una opción de obtención de energías a partir de fuentes renovables adaptable a
- 10 regiones no interconectadas.
- Una opción de obtención de energía que no afecta directamente los ecosistemas alrededor, en particular las especies corales marinas.

Se debe entender que, aunque la presente invención ha sido específicamente divulgada

15 por una forma de realización preferida y unas características opcionales, cualquier modificación, mejora y/o variación de la invención en el presente documento divulgado puede derivar de la deducción de expertos en la técnica. Además, tales modificaciones, mejoras y variaciones se consideran que están dentro del alcance de esta invención. Los dispositivos descritos aquí son representativos de realizaciones preferidas y se exponen

20 para ejemplificar el concepto inventivo de la tecnología, es decir, son a modo de ejemplo y no están destinados como limitaciones del alcance de la invención; se sobreentiende que una persona versada en la materia podrá suponer algunos cambios obvios con respecto a la descripción anterior.

25

30

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El dispositivo de columna de agua oscilante modular con turbina de flujo bidireccional

5 caracterizado porque comprende: una cámara de aire estática (1) que se sumerge parcialmente con perfil cilíndrico, anclada en un acantilado marino y un sistema de flujo (2) el cual orienta y comprime el flujo de aire; la cámara de aire tiene una altura entre los 2 y los 15 metros, un diámetro interno entre los 0.5 y los 4 metros y un diámetro externo entre los 0.6 y los 4.2 metros; la tobera-difusor superior (5) tiene un ángulo entre la abertura

10 de su diámetro mayor y la abertura del diámetro menor entre 20° y 60° sobre la vertical; un techo protector (7) que tiene un diámetro externo entre 1 y 2 metros y una altura entre 0.1 y 0.4 metros; este sistema de flujo se integra por una tobera-difusor inferior (3), un convertor de energía (4), una tobera-difusor superior (5), una malla de protección (6) y un techo para protección (7) de elementos externos al dispositivo; el convertor de energía (4)

15 con un cilindro compresor del aire, un direccionador inferior (8), una corona de álabes directrices inferior (9), una turbina de impulso (10) de flujo axial, un volante de inercia (20) un generador eléctrico con acople en su eje al centro del cubo de la turbina, una corona de álabes directrices superior (9), un direccionador superior (8); un generador eléctrico que se integra por unos brazos centradores (14) del soporte acoplados a las paredes del

20 cilindro compresor, una manzana o soporte (13) acoplados a los brazos centradores, un estator (12) de bobinado acoplado al soporte, un eje central (21) ubicado en medio de un rotor (11) de imanes acoplados en el eje de la turbina de impulso y un flanche de unión (15) para acoplar el rotor con la turbina.

25 Este sistema de flujo se integra por una tobera-difusor inferior (3) para dirigir la salida e ingreso de aire desde y hacia la cámara, un convertor de energía (4) que comprime el aire procedente de la cámara y de la atmósfera, una tobera-difusor superior (5) para dirigirla salida e ingreso de aire desde y hacia el convertor de energía (4), una malla de protección (6) que permite una expulsión y succión de aire hacia el dispositivo de columna de agua

30 oscilante y un techo para protección (7) de elementos externos al dispositivo; el convertor de energía (4) con un cilindro compresor del aire.

En donde el direccionador inferior (8) que dirige el aire hacia las paredes internas del cilindro compresor, una corona de álabes directrices inferior (9) orientando el aire hacia los álabes de la turbina, una turbina de impulso (10) de flujo axial auto rectificada con álabes de perfiles simétricos, un volante de inercia (20) que acumula la energía de rotación a la turbina, un generador eléctrico con acople en su eje al centro del cubo de la turbina, una corona de álabes directrices superior (9) que dirige el aire hacia los álabes de la turbina, un direccionador superior (8) para distribuir el aire hacia las paredes internas del cilindro compresor; conversor de energía (4) contiene unos direccionadores superior e inferior (8), unos álabes directrices superior e inferior (9), una turbina de impulso (10), un volante de inercia (20), un generador eléctrico con un rotor (11), un estator (12), un acople o flanche de unión (15), una manzana o soporte (13), un eje central (21) y entre 2 y 5 brazos centradores del soporte (14)

Una tobera-difusor inferior (3) tiene un ángulo entre la abertura de su diámetro mayor y la abertura del diámetro menor entre 20° y 60° sobre la vertical (3c); con un diámetro mayor interno igual al diámetro interno de la cámara de aire (1), el cual se estrecha hasta un diámetro superior interno en una relación de 1 a 6 con respecto al diámetro inferior; una tobera-difusor superior (5) tiene un ángulo entre la abertura de su diámetro mayor y la abertura del diámetro menor entre 20° y 60° sobre la vertical (5a); con un diámetro menor interno igual al diámetro interno del sistema conversor de energía (4), el cual se expande hasta un diámetro mayor interno de 1.3 a 4 veces mayor que el diámetro menor interno; el techo protector (7) que tiene un diámetro externo entre 1 y 2 metros, una altura entre 0.1 y 0.4 metros; una cubierta inferior (16) y una cubierta superior (17) y una malla de protección (6) que tiene un diámetro externo entre 0.5 y 0.9 metros y una altura entre 0.2 y 0.6 metros; los álabes directrices superior e inferior (9) comprenden un conjunto de álabes con un ángulo de inclinación entre 10° y 40° sobre la horizontal, forzando el movimiento de la turbina en una sola dirección independiente del sentido de flujo, dichos ángulos permiten el cambio de presión y así mismo aporta la velocidad del flujo de aire.

Y la turbina de impulso (10) de flujo axial bidireccional es seleccionada entre una turbina tipo Wells (10b), una turbina de impulso o una turbina de impulso modificada (10a): porque la turbina de impulso de flujo axial auto rectificada con álabes de perfiles simétricos tiene

un grado de reacción entre 10 y 20% y una matriz circular de 25 a 35 álabes de perfil elíptico distribuidos de manera uniforme, la cantidad y distribución de álabes corresponde con el diseño de los álabes directrices, de forma que se obtenga una velocidad de rotación más alta.