

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

RESUMEN:

5 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) que comprende una tobera difusora inferior (3), una tobera difusora superior (5), una malla de protección (6) y un techo protector (7). Además de un sistema conversor de energía (4) que comprende una turbina de impulso bidireccional (10), unas coronas de álabes
10 directrices superior e inferior (9), unas cúpulas direccionadoras superior e inferior (8) y un generador eléctrico (22).

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
15 de gran envergadura. Su aplicación es para la generación de energía eléctrica en zonas costeras, en áreas de diversa intensidad de oleaje marino.

SECTOR TECNOLÓGICO:

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

ANTECEDENTES:

Durante los últimos años se han desarrollado múltiples soluciones para la obtención de
25 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).

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 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 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.

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 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.

5

Otro ejemplo de columna de agua oscilante se encuentra en la patente JP5550753B1, que 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.

15

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

25

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.

5

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
10 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
15 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.

20 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

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

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
25 conversión de energía.

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.

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.

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.

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

DESCRIPCIÓN GENERAL

15 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.

- 10 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

- 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 m de alto. En otras realizaciones de la invención se puede usar un tubo, una columna, un canal o conducto 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 m, un diámetro interno entre los 0.5 y los 4 m y un diámetro externo ligeramente superior entre los 0.6 y los 4.2 m. En una realización preferida de la invención, la cámara de aire tiene una forma cilíndrica con 6 m de altura, diámetro interno de 1.3 m y diámetro externo de 1.4 m.

El uso de una estructura cilíndrica para la cámara de aire tiene el propósito de hacer al 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, 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 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 difusora inferior (3), un sistema conversor de energía (4), una tobera difusora superior (5), una malla de protección (6) y un techo

protector (7). El dispositivo de columna de agua se caracteriza en esta realización porque el techo protector (7) tiene una superficie superior cónica.

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

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 difusora inferior (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 difusora 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 difusora inferior (3) tiene un ángulo entre 20° y 60° sobre la vertical, con mayor preferencia a un ángulo de 40° entre la abertura de diámetro mayor y la abertura de diámetro menor. Dicha tobera difusora inferior (3) se caracteriza a su vez porque puede llevar entre 6 y 10 nervios de refuerzo para conservar una rigidez estructural. En adición, la tobera difusora se caracteriza por un espesor entre los 0.003 y los 0.015 m, con mayor preferencia a un espesor de 0.006 m.

En una de las representaciones preferidas de la invención, se empotra en la parte superior del sistema conversor de energía (4) la tobera difusora 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 difusora 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 difusora inferior (3) tiene un ángulo entre 20° y 60°, con mayor preferencia a un ángulo de 40° entre la abertura de diámetro mayor y la abertura de diámetro menor. Dicha tobera difusora 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 difusora se caracteriza por un espesor entre los 0.003 y los 0.015 m, con mayor preferencia a un espesor de 0.006 m.

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

Sistema conversor de energía

- 5 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 inferior y superior (3), (5). En una realización preferida de la invención, la estructura geométrica hueca del sistema conversor de energía (4) puede ser elaborada en acero inoxidable, aluminio, entre otros materiales metálicos.
- 10 En una realización preferida de la invención la estructura geométrica hueca del sistema 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).
- 15 El sistema 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 sistema conversor de energía (4) debe ser igual a los diámetros menores de ambas toberas difusoras inferior (3) y superior (5). En adición, el sistema conversor de energía (4) se caracteriza por tener un espesor de la estructura geométrica hueca entre los 0.006 y los 0.018 m, con mayor
- 20 preferencia a un espesor de 0.0096 m. El sistema conversor de energía (4) se caracteriza por tener una altura entre los 0.1 y 0.6 m, donde en una realización preferida de la invención tiene una altura de 0.3 m.

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

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 sistema 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 sistema conversor de energía (4) comprende un generador eléctrico de 2 kW de potencia.

Un mejor detalle de la característica modular del sistema conversor de energía (4) se observa en la figura 4, en la cual se enseña una de las representaciones del detalle del sistema conversor de energía (4). En la figura 4 se pueden identificar algunos de los componentes que caracterizan el sistema conversor de energía (4) tales como: unas cúpulas direccionadoras superior e inferior (8), unas coronas de álabes directrices superior e inferior (9), una turbina de impulso bidireccional (10) y los componentes propios de un generador eléctrico (22) tales como: un rotor (11), un estator (12), una manzana o soporte (13) y unos brazos centradores del soporte (14). Como alternativa, el conjunto de componentes que comprende el sistema conversor de energía (4) puede estar integrado a un acople o flanche de unión (15).

El sistema 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 sistema 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.

5

Una de las realizaciones del sistema 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 impulso bidireccional, unas coronas de álabes directrices y unas cúpulas direccionadoras.

10

Cúpulas direccionadoras superior e inferior

El sistema conversor de energía (4) se caracteriza porque las cúpulas direccionadoras superior e inferior (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 las coronas de álabes directrices superior e inferior (9) en una de las realizaciones de la invención. Las cúpulas direccionadoras superior e inferior (8) se encuentran ubicados en los extremos superior e inferior del sistema conversor de energía (4).

15

20 Corona de álabes directrices superior e inferior

El sistema conversor de energía (4) comprende unas coronas de álabes directrices superior e inferior que se encuentran acoplados a las cúpulas direccionadoras superior e inferior (8) en el extremo recto de las cúpulas direccionadoras superior e inferior (8) tal y como se ejemplifica en la figura 4.

Las coronas de 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 impulso bidireccional (10), optimizando su desempeño.

Turbina de impulso bidireccional

El sistema conversor de energía (4) se caracteriza porque la turbina de impulso 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.

El sistema conversor de energía (4) se caracteriza porque el ángulo de inclinación del conjunto de álabes de las coronas de álabes directrices superior e inferior (9) es preferiblemente 30° si se acoplan con la turbina de impulso o la turbina tipo Wells (10b). Si se selecciona una turbina de impulso modificada (10a), esta se caracteriza porque es un cilindro con una altura entre 0.03 y 0.05 m, con preferencia de aproximadamente 0.043 m, y diámetro entre 0.2 y 0.4 m, con preferencia de 0.25 m.

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.

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

5

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) (grado de reacción de aproximadamente 0%). Para la invención 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.

Este diseño particular se hace para generar una compresión del flujo de aire tanto en los álabes de las coronas de álabes directrices superior e inferior (9) como en los álabes de la turbina de impulso bidireccional (10). En consecuencia, la corriente de aire genera dos saltos entálpicos, uno en los álabes de la turbina de impulso bidireccional (10) y otro en las coronas de 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 las coronas de álabes directrices superior e inferior (9).

Generador eléctrico

- 5 El sistema conversor de energía (4) se caracteriza porque el rotor (11) del generador eléctrico (22) comprende de una estructura que contiene un segmento de imanes. Dicho sistema (4) se caracteriza porque el estator (12) está ubicado en medio del rotor (11) a partir de un eje central (21). El sistema conversor de energía (4) se caracteriza porque el rotor (11) está acoplado a la turbina de impulso bidireccional (10) de manera que
- 10 el movimiento rotativo generado en la turbina de impulso bidireccional (10) impulsa a su vez el rotor (11).

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

- El sistema 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
- 20 paredes internas del sistema conversor de energía (4), para rectificar el centro de la manzana o soporte (13) en el interior del sistema conversor de energía (4). El sistema 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)
- 25 y unidos a dichos elementos a través de un eje central (21).

El sistema conversor de energía (4) se caracteriza porque opcionalmente puede incluir un volante de inercia (20) ubicado encima de la turbina de impulso 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 de impulso bidireccional (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 1 y 2 m, preferiblemente 1.5 m y una altura entre 0.1 m y 0.4 m, preferiblemente 0.19 m.

15

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 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.

25

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 difusora superior (5). Su función es la de proteger el sistema de flujo (2) de cualquier elemento que intente ingresar a este, evitando riesgos en su funcionamiento. La malla de protección (6) permite además el ingreso del aire hacia el prototipo 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.

- 10 La rejilla de protección (6), se caracteriza porque tiene un diámetro externo entre 0.5 y 0.9 m, preferiblemente 0.736 m y una altura entre 0.2 y 0.6 m, preferiblemente 0.35 m.

Ventajas y resultados

Los estudios arrojan que se pueden obtener entre 3 y 4 kW por metro (m) 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.
- 20 -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 (m^2)
- Evitar obras civiles para la construcción del dispositivo.
- Una opción de obtención de energías a partir de fuentes renovables adaptable a
- 25 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 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 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.

15 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS**

El dispositivo de columna de agua oscilante modular con turbina de flujo bidireccional caracterizado porque comprende: una cámara de aire (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 m, un diámetro interno entre los 0.5 y los 4 m y un diámetro externo entre los 0.6 y los 4.2 m; la tobera difusora superior (5) tiene un ángulo (5b) entre la abertura 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 m y una altura entre 0.1 y 0.4 m; este sistema de flujo se integra por una tobera difusora inferior (3), un convertidor de energía (4), una tobera difusora superior (5), una malla de protección (6) y un techo para

protección (7) de elementos externos al dispositivo; el conversor de energía (4) con un cilindro compresor del aire, una cúpula direccionadora inferior (8), una corona de álabes directrices inferior (9), una turbina de impulso bidireccional (10) de flujo axial, un volante de inercia (20) un generador eléctrico (22) con acople en su eje al centro del cubo de la

5 turbina, una corona de álabes directrices superior (9), una cúpula direccionadora superior (8); un generador eléctrico (22) que se integra por unos brazos centradores (14) del soporte acoplados a las paredes del 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

10 turbina de impulso y un flanche de unión (15) para acoplar el rotor con la turbina.

Este sistema de flujo se integra por una tobera difusora inferior (3) para dirigir la salida e ingreso de aire desde y hacia la cámara, un conversor de energía (4) que comprime el aire procedente de la cámara y de la atmósfera, una tobera difusora superior (5) para

15 dirigirla salida e ingreso de aire desde y hacia el conversor de energía (4), una malla de protección que permite una expulsión y succión de aire hacia el dispositivo de columna de agua oscilante y un techo para protección (7) de elementos externos al dispositivo; el conversor de energía (4) con un cilindro compresor del aire.

20 En donde la cúpula direccionadora 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 (22) con acople en su eje al centro del cubo

25 de la turbina, una corona de álabes directrices superior (9) que dirige el aire hacia los

álabes de la turbina, una cúpula direccionadora superior (8) para distribuir el aire hacia las paredes internas del cilindro compresor; conversor de energía (4) contiene unas cúpulas direccionadoras superior e inferior (8), unos álabes directrices superiores e inferiores (9), una turbina de impulso bidireccional (10), un volante de inercia (20), un generador eléctrico (22) 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 difusora inferior (3) tiene un ángulo entre la abertura de su diámetro mayor y la abertura del diámetro menor entre 20° y 60° sobre la horizontal (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 difusora superior (5) tiene un ángulo (5b) entre la abertura de su diámetro mayor y la abertura del diámetro menor entre 20° y 60° sobre la horizontal (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 m, una altura entre 0.1 y 0.4 m; 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 m y una altura entre 0.2 y 0.6 m; 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
5 álabes corresponde con el diseño de los álabes directrices, de forma que se obtenga una
velocidad de rotación más alta.

10

15

20

25