

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 990**

51 Int. Cl.:

F03B 13/14 (2006.01)

F03B 13/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2014** **E 14382169 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017** **EP 2944801**

54 Título: **Dispositivo de captación de energía de las olas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.12.2017

73 Titular/es:

SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A. (100.0%)
Avenida de Zugazarte nº 56
48930 Getxo-Las Arenas, Bizkaia, ES

72 Inventor/es:

ZABALA, IÑAKI y
AMEZAGA, ÁLVARO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 645 990 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

Dispositivo de captación de energía de las olas

Campo de la invención

5 La presente invención se engloba dentro del campo de la captación de energía de las olas utilizando la tecnología de columna de agua oscilante, y más en concreto, de la disposición de las cámaras en las que se capta la energía en forma de energía neumática, de las válvulas que direccionan el flujo del aire desde/hacia las cámaras y de las turbinas que convierten la energía neumática en energía eléctrica.

Antecedentes de la invención

10 La tecnología de columna de agua oscilante (también llamada Oscilating Water Column u OWC) consiste en una estructura parcialmente sumergida con una apertura bajo el agua que permite que el movimiento del mar realice la compresión/vacío del aire encerrado en la cavidad interior o cámara de aire. Cuando una ola incide sobre el dispositivo OWC provoca un movimiento del agua contenida en la estructura, que presiona y empuja al aire que está en la cámara haciéndolo pasar a través de una turbina especialmente diseñada para este propósito. Una vez que las aguas se retiran, el aire en la cámara es descomprimido y succionado a través de la turbina. Un generador acoplado a la turbina
15 convierte la energía mecánica rotacional de ésta última en electricidad.

Las turbinas utilizadas normalmente en los dispositivos OWC son de tipo bidireccional como las Wells, Setoguchi o bi-radiales, que están diseñadas para rotar en el mismo sentido independientemente del sentido del flujo de aire. De esta manera, a pesar del movimiento alternativo del oleaje, la turbina y el generador eléctrico asociado pueden girar a alta velocidad de manera permanente, ya que su sentido de giro es siempre el mismo.

20 Existe un segundo enfoque que se basa en el uso de turbinas unidireccionales, es decir que sólo operan con la entrada de aire en un sentido, lo cual requiere hacer un rectificad del flujo de aire. Este rectificad del flujo de aire es llevado a cabo por un conjunto de válvulas antirretorno. Existen diferentes diseños para dispositivos con este enfoque usando varias disposiciones con más o menos válvulas y turbinas. Entre los más documentados se encuentran los siguientes:

- Una turbina, cuatro válvulas, circuito abierto a la atmosfera
- 25 - Una turbina, dos válvulas, circuito abierto a la atmosfera
- Una turbina, dos válvulas, circuito cerrado

En este último caso la columna a la entrada de la turbina está a presión por encima de la atmosférica y la columna a la salida está a presión inferior a la atmosférica.

30 Dada la oscilación natural del oleaje, la sección horizontal de estas columnas no puede ser muy grande ya que se combinaría en la misma columna el efecto de la cresta y del valle de la ola, con lo que se produciría un efecto de promediado donde la variación de la altura media de la columna de agua sería cero y no se podría aprovechar la energía de ésta.

35 Para permitir el aumento de la potencia de los dispositivos y reducir los costes de operación y mantenimiento evitando el efecto de promediado anterior se pueden unir varias columnas en una sola plataforma, distanciadas lo suficiente para que unas no atenúen significativamente el oleaje a las otras, mejorando además la estabilidad de la producción total de energía. En caso de turbinas bidireccionales o unidireccionales con el flujo de aire rectificad, los dispositivos de la plataforma han de ser independientes tanto en la columna de agua como en las cámaras de aire. Esto se debe a que en el caso de que estuvieran unidas, la presión neumática de una cámara sería anulada por el vacío de la otra.

40 Una ventaja de situar varios dispositivos en la misma plataforma es que todos ellos comparten los equipos de conversión de la corriente alterna generada en cada uno de ellos en corriente continua para acoplar la energía de todos ellos en un cable único y convertirla de nuevo en alterna de alta tensión para ser transmitida y poder ser inyectada a través de una subestación eléctrica a la red. Además la dimensión global de esta infraestructura es menor que la suma de cada una de ellas por separado ya que los picos de potencia de los diferentes dispositivos tienden a no coincidir en el tiempo.

45 En el caso particular de turbinas unidireccionales en circuito cerrado, es posible unir las cámaras de presión y vacío de cada uno de los dispositivos entre sí para que alimenten a una única turbina más grande y eficiente. En este caso la diferencia de presión y caudal son también más estables al igual que la potencia obtenida.

50 Las construcciones, que pueden llegar a ser grandes estructuras flotantes o bien estar situadas en el borde costero o en rompeolas, disponen de grandes tubos por donde ingresa el volumen de agua. Dichas construcciones, tienden a variar sus diseños para lograr mayor eficiencia energética, presentar mayor robustez para aguantar la fuerza del mar, modularidad para abaratar costes y diseños singulares para lograr un buen mantenimiento.

Así los distintos diseños conocidos aportan diferentes soluciones técnicas al estado de la técnica. La patente GB 2161544 presenta una plataforma multi-columna con turbina unidireccional funcionando en ciclo cerrado entre dos

colectores de vacío y presión alimentados por las diferentes cámaras. El dispositivo es suficientemente largo para que en el mismo instante haya columnas comprimiendo y expandiendo. Se usan válvulas anti-retorno mecánicas o de agua para controlar el flujo de la presión creada. Existe una variante que incluye un depósito de presión extra que puede ser fijo o de volumen variable.

5 Otras patentes presentan ventajas de diseño sobre la misma configuración, así la WO 2007057013 diseña una configuración dispuesta hacia la dirección de las olas, con una forma de boomerang con anclajes a tierra desde su punta o desde sus extremos. De igual forma, las fuerzas de vacío ayudan a reducir las cargas en la plataforma logrando reducir su peso, esto añade la posibilidad de que la distribución de las múltiples columnas se haga con dos brazos en forma de V y que permita un calado variable por válvulas de aire al exterior.

10 Y la patente WO 2007131289 presenta un generador que comprende un cuerpo formado por una pluralidad de cámaras con válvulas antirretorno. Un primer recipiente recibe el aire de un primer set de cámaras y lo pasa por el generador quien lo vierte a un segundo set de cámaras que también tiene válvulas antirretorno.

15 Todas las soluciones que utilizan cámaras de presión y vacío disponen de una turbina entre estos dos volúmenes cerrados y de tamaño limitado con lo que el volumen a turbinar es menor y el caudal es más variable reduciéndose directamente el rendimiento.

Todas estas soluciones conllevan grandes oscilaciones de la potencia neumática, lo que provoca rendimientos reducidos de los dispositivos, por lo que era deseable desarrollar un dispositivo de captación de energía de las olas que mejorase las prestaciones de los dispositivos existentes.

20 El nuevo dispositivo, objeto de la invención que aquí se presenta, tiene dos turbinas dispuestas en contacto directo con la atmósfera, una de ellas conectada a un pulmón de presión y otra a uno de vacío. Dichos pulmones actúan como colectores y amortiguadores, sin la necesidad de ninguna tubería de conexión ni ningún depósito adicional. Todo ello permite una mejora del rendimiento del dispositivo debido a la reducción de pérdidas de carga y a unas condiciones de operación más estables de las turbinas, así como una reducción del costo de la energía generada.

Descripción de la invención

25 La invención se refiere a un dispositivo de generación de energía de las olas mediante la técnica OWC en el que los pulmones de presión y de vacío, las cámaras de aire y las columnas de agua están integrados en la misma estructura, no existiendo tuberías de conexión entre ellos con lo que se evitan las pérdidas de presión.

30 Es otro objeto de la invención que los pulmones de presión y vacío tengan cada uno su propia turbina unidireccional enfocada a la atmósfera, en vez de una única turbina entre los dos pulmones. Con esto se añade la característica de que las cámaras estén en relación con la atmósfera en vez de cámaras relacionadas entre sí donde, debido a que hay una turbina que trabaja entre dos volúmenes cerrados de tamaño limitado, el caudal a turbinar es menor y las turbulencias son mayores, produciéndose una reducción en el rendimiento. Las turbinas necesitan estabilidad y esta estabilidad la proporcionan los pulmones de presión y vacío asociados cada uno a su propia turbina.

35 Es otro objeto de la invención que el pulmón haga la función de colector en vez de que el pulmón este situado en un habitáculo externo al colector que recoge la energía neumática de las cámaras de aire, disposición esta que repercute en el coste del equipo.

40 Es un objeto de la invención proporcionar al dispositivo de unas columnas de agua, cámaras de aire y pulmones de presión y vacío de dimensiones apropiadas, teniendo en cuenta los requisitos de fabricación y el coste asociado de la estructura, frente a las características técnicas que se obtienen con la dimensión conseguida, ya que los pulmones de mayor volumen permiten conseguir una presión más estable.

Es otro objeto de la invención orientar la apertura de las columnas en relación a la dirección de la ola, para lo que, en el caso de que la plataforma sea flotante, se dotará de un sistema para que el dispositivo objeto de la invención se oriente adecuadamente al empuje del oleaje.

45 Es otro objeto de la invención que la distancia entre dos conjuntos columnas de agua y cámaras de aire sea la apropiada para que la captación de energía de las diferentes cámaras sea la mayor y más homogénea posible a lo largo del tiempo.

50 Es otro objeto de la invención que el ángulo de la boca de entrada de las columnas de agua y la altura de estas sea tal que se reduzca la atenuación de la energía de las olas teniendo en cuenta también que dotar a la columna sumergida de una terminación o boca de entrada con un cierto ángulo reduce el efecto "sombra" entre las columnas y se maximice la energía capturada por el dispositivo.

Es otro objeto de la invención que las columnas de agua tengan separadores verticales que limiten la oscilación de la superficie de agua en su interior producida entre otras razones por la oscilación del dispositivo en caso de que fuera flotante.

Estos y otros objetivos se logran con una plataforma formada por dos pulmones (uno de presión y uno de vacío), uno o varios bloques compuestos de: columna de agua, cámara de aire y válvulas antirretorno que lo conectan con los pulmones, donde los bloques sumergidos finalizan su diseño con un cierto ángulo para reducir el efecto sombra de los otros bloques sobre las olas, donde los pulmones de presión/vacío hacen de colectores de la energía absorbida por las diferentes cámaras de aire, y donde en cada pulmón hay dispuesta una turbina unidireccional que lo conecta con la atmósfera.

De la presente invención se desprenden las siguientes ventajas: un mayor rendimiento del dispositivo debido a la reducción de las pérdidas de carga y a las mejores y más estables condiciones de operación de las turbinas, así como un menor costo de la energía generada. Además, el hecho de que el dispositivo tenga las turbinas orientadas hacia el exterior, facilita el intercambio de cualquier pieza utilizada para la reparación y mantenimiento e incluso la sustitución de una turbina completa.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

Las figuras incluidas en la Figura 1 representan esquemáticamente diferentes realizaciones del estado de la técnica o de sus condiciones de operación.

La Figura 2 muestra un esquema del dispositivo objeto de la invención y las turbinas asociadas.

La Figura 3 es una gráfica que representa la variación de la potencia neumática respecto al tiempo en un dispositivo según la invención que aquí se presenta, para dos volúmenes distintos de pulmón: a y b.

La Figura 4 es una gráfica que representa la potencia neumática respecto al tiempo con un dispositivo con múltiples bloques según la invención que aquí se presenta (con dos turbinas unidireccionales conectadas a la atmósfera) y la producción de un dispositivo con múltiples bloques con una turbina unidireccional conectando los pulmones de presión y vacío en circuito cerrado.

La Figura 5 relaciona el rendimiento del OWC, el rendimiento de la turbina, el coste de la energía y el coste del dispositivo con el volumen de los pulmones.

La Figura 6 muestra una plataforma con diferentes opciones de apertura de las bocas de entrada a las columnas.

La figura 7 muestra un bloque aislado de dispositivo con los elementos que lo conforman.

La figura 8 representa tres realizaciones prácticas combinando la disposición de sus toberas con: a) dos bloques, b) con varios bloques escasamente separados y c) con toda la superficie llena de bloques.

En la descripción detallada de la invención se muestran dimensiones concretas para las diferentes cámaras del dispositivo solamente a efectos orientativos. Será obligación del diseñador el, dadas las necesidades de un proyecto concreto no limitado a potencia objetivo a producir, localización geográfica, presupuesto o coste del dinero, buscar el dimensionamiento adecuado que le permita obtener el mejor coste de la energía y un óptimo retorno de su inversión.

Descripción detallada de la invención

En la figura 1 se muestra el estado de la técnica conocido donde concretamente:

La figura 1A muestra un dispositivo OWC estándar donde (8) es la columna de agua, (1) es la cámara de aire, (24) es la turbina bidireccional y (23) es la atmosfera.

La figura 1B muestra un dispositivo OWC con turbina unidireccional con flujo de aire rectificado con cuatro válvulas antirretorno.

La figura 1C muestra un dispositivo OWC con turbina unidireccional con flujo de aire rectificado con dos válvulas antirretorno.

La figura 1D muestra un dispositivo OWC con turbina unidireccional en circuito cerrado, con flujo de aire rectificado con dos válvulas antirretorno.

La figura 1E muestra un dispositivo OWC estándar de tamaño excesivo en el cual, señalando la flecha la dirección de la ola (33), se producen en el exterior de éste una cresta (31) y un valle (32) con lo que el caudal (Q) recogido por la turbina es casi nulo.

La figura 1F muestra dos opciones de plataforma con varios dispositivos OWC estándar unidos por una estructura rígida (41).

La figura 1G es una gráfica que relaciona la potencia eléctrica total respecto al tiempo en caso de dos dispositivos independientes (línea discontinua) respecto a la capturada por una plataforma como la de la figura 1F (línea continua). Se aprecia que la tendencia estadísticamente es a reducir las crestas y los valles de la producción eléctrica.

5 La figura 1H muestra una configuración estándar de una plataforma con varios bloques conectados a través de un colector de presión y otro de vacío unidos a través de una turbina unidireccional y funcionando en circuito cerrado.

La figura 1I es una gráfica que representa la potencia neumática total respecto al tiempo en caso de dos dispositivos independientes (línea discontinua) respecto a la capturada por una plataforma como la de la figura 1H (línea continua). Se aprecia como la potencia neumática entregada es más estable al unir los dispositivos, así como un aumento de la potencia media.

10 La disposición del dispositivo de columna de agua oscilante OWC objeto de la presente solicitud de patente, y más en concreto, de la columna y sus correspondientes cámaras internas y pulmones que albergan las turbinas accionadas por la energía capturada de las olas es tal y como se muestra en la figura 2. La ola (22) tiene un movimiento ascendente y descendente que provoca el ascenso y descenso de la columna de agua (8) representada por las flechas continua y discontinua respectivamente. Cuando la columna de agua (8) sube, la presión creada en la cámara de aire (1) provoca un flujo de aire que pasa a través de la válvula anti-retorno de admisión (2) y entra en el pulmón neumático de presión (3) creándose una sobrepresión. Allí el aire concentrado tiene suficiente presión para mover la correspondiente turbina unidireccional de salida (4) y verterse a la atmósfera (23). Una vez finalizado este proceso, cuando la columna de agua (8) comienza su descenso, será el aire de la atmósfera el que pasará a través de la turbina unidireccional de entrada (5) para rellenar el pulmón de vacío (6) y de allí se vierte a través de la válvula anti-retorno de expulsión (7) hacia el interior de la cámara de aire (1). Las válvulas antirretorno de admisión (2) y de expulsión (7) abren y cierran alternativamente en cada pulmón permitiendo la presión/vacío en los pulmones.

20 En la figura 3A se analiza la influencia del volumen de los pulmones. Mostrando la línea discontinua la potencia neumática de un pulmón de volumen V , frente a la línea continua que muestra la potencia neumática de un pulmón de volumen 7 veces mayor ($7V$). Se observa que cuanto mayor es el volumen el régimen es más constante y el rendimiento de la turbina es mejor, aunque sin embargo la potencia promedio es menor y el coste de fabricación mayor. En la fig. 3B se muestra la potencia eléctrica generada para un dispositivo con diferentes volúmenes de los pulmones mostrados en la fig. 3A. La línea discontinua muestra un dispositivo con un volumen pequeño del pulmón y turbina de aire de mayor potencia, mientras que la línea continua muestra un dispositivo con volúmenes de los pulmones mayores y turbina de potencia nominal menor, pero mayor rendimiento. Se aprecia en este caso como la producción eléctrica del dispositivo completo es mayor. Es obligación del diseñador el buscar una dimensión intermedia ideal con el menor coste de la energía producida.

25 Anteriormente se ha mencionado la disposición en la cual las cámaras pulmón de presión (3) y vacío (6) tienen cada una su propia turbina unidireccional (4 y 5) enfocada a la atmosfera, en vez de una única turbina entre las dos cámaras pulmón de presión (3) y vacío (6) La figura 4 muestra con línea continua el comportamiento de la solución con dos turbinas unidireccionales enfocadas a la atmósfera, frente a la línea discontinua de una única turbina unidireccional entre las dos cámaras.

30 La característica clave del pulmón (3 o 6) es su volumen. Cuanto mayor sea este, mayor es el amortiguamiento que provoca sobre la variación de la presión neumática a la entrada del pulmón (3 o 6), con lo que a la salida la presión será más constante. Este amortiguamiento mejora el rendimiento de la turbina y del alternador porque ambos son tanto mayores cuanto más estable sea la presión a la entrada. Sin embargo el aumento del volumen produce una reducción en la energía neumática disponible por la turbina y aumenta los costes de fabricación. Por ello el correcto dimensionamiento de los pulmones se basa en buscar un volumen en que la reducción de rendimiento neumático y el aumento de los costes de fabricación sean compensados por el aumento del rendimiento de la turbina. En ese punto el coste de la energía tendrá un mínimo. Tal y como se muestra en la figura 5 donde el eje de abscisas es el volumen de los pulmones y el eje de ordenadas el rendimiento y los costes. La línea continua es el rendimiento neumático (12), la discontinua el rendimiento de la turbina (13) y la línea continua es el coste del dispositivo (15). La curva superior es el coste de la energía generada (14) y su punto mínimo señala el volumen ideal de diseño del pulmón.

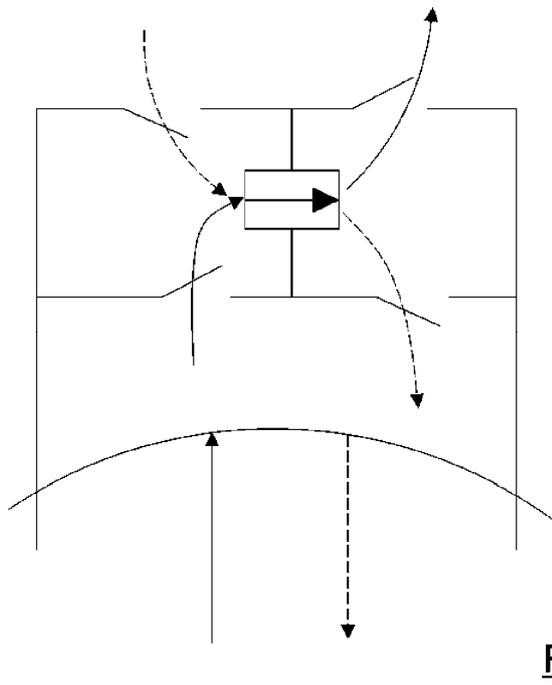
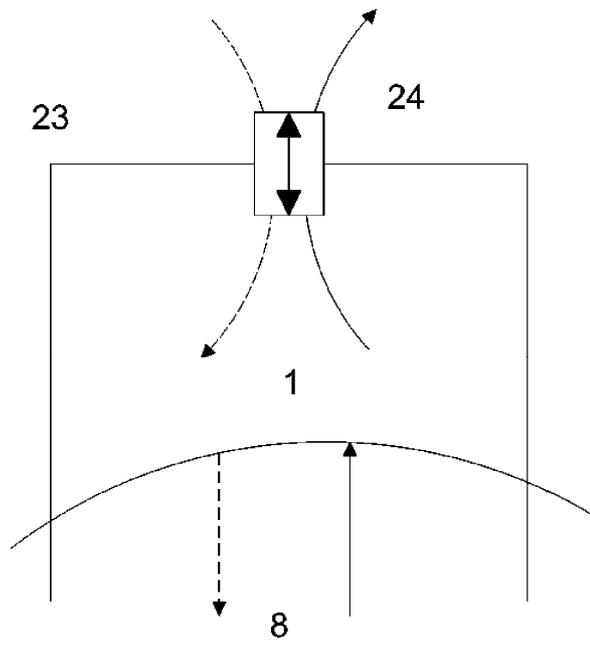
35 La figura 6 muestra la realización de un dispositivo cuya parte inferior está formada por la unión de distintos bloques donde cada bloque está conectado con el pulmón de presión (3) y el de vacío (6) de los que sobresalen las correspondientes turbinas de salida (4) y de entrada (5). Todo el conjunto forma una plataforma flotante que incluye sistemas de amarre y orientación para direccionarse respecto de la ola (22). Las columnas estructurales (19) disponen de bocas de entrada (16) en su parte inferior. Dichas bocas de entrada pueden tener diferente altura y/o inclinación para optimizar la captura de la ola (22) y reducir el apantallamiento entre bloques. La orientación habitual de las bocas de entrada (16) es en contra del oleaje, aunque puede que en algunas implementaciones se elija una orientación opuesta, como en los dispositivos situados en la costa.

40 La figura 7 muestra un bloque aislado, en el que se aprecian los elementos que lo componen: una columna estructural (19), que al estar sumergida en la ola (22) forma una columna de agua (8) y una cámara de aire (1). El bloque se completa con dos válvulas antirretorno (2 y 7), la boca de entrada (16) y en algunas configuraciones una o varias paredes intermedias (18) para minimizar las turbulencias de la ola en el interior de la columna estructural, así como una mayor rigidez del bloque.

5 La figura 8 muestra otras realizaciones con el mismo dispositivo que muestra un pulmón de presión (3) y otro de vacío (6) de los que sobresalen las correspondientes turbinas de salida (4) y de entrada (5). La diferencia está en el número de bloques que incorpora cada dispositivo. La opción (a) es la ya comentada en la figura 6, la opción (b) es similar a la anterior pero intercalando aún más bloques con las mismas dimensiones de columna estructural (19) gracias a reducir el hueco entre ellos, y por último, la opción (c) es la que incorpora tal número de bloques que cubre la totalidad de la superficie del dispositivo objeto de la invención. De esta forma pueden existir varias configuraciones posibles para un dispositivo de las mismas dimensiones globales donde el número de bloques y por tanto la distancia entre ellos pueda variar hasta incluso llegar a ser nula. El sistema indicado es válido para ser aplicado en dispositivos flotantes y fijos (habitualmente cerca de la costa, en la costa o en rompeolas).

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de captación de energía de las olas, del tipo de columna de agua oscilante (OWC) caracterizado por que consiste en:
- 5 - una parte superior que contiene un acumulador (3) de presión conectado a la atmosfera a través de una turbina (4) unidireccional de salida que encierra un volumen de aire con una presión mayor que la presión atmosférica y un acumulador (6) de vacío conectado a la atmósfera a través de una turbina (5) unidireccional de entrada, que encierra un volumen de aire con una presión inferior a la presión atmosférica,
 - 10 - una porción inferior que contiene al menos un bloque, que comprende a su vez una columna (19) estructural que tiene una entrada (16) en la porción inferior, que cuando se sumerge en el agua da lugar a una columna (8) de agua en la porción inferior, y una cámara (1) de aire en el porción superior, sobre la columna (8) de agua, porque la cámara (1) de aire de cada bloque está conectada al acumulador (3) de presión a través de una válvula (2) antirretorno de admisión y al acumulador (6) de vacío a través de una válvula (7) antirretorno de escape,
- y porque los acumuladores de presión (3) y de vacío (6) actúan como un colector de aire, inhalando y exhalando a través de los bloques, y al mismo tiempo amortiguando los cambios bruscos de presión.
- 15 2. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la parte inferior comprende una pluralidad de bloques.
3. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque hay separaciones entre los bloques de la parte inferior.
- 20 4. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque no hay separaciones entre los bloques de la parte inferior
5. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cada bloque tiene una pared (18) intermedia.
6. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las entradas (16) están dispuestas con diferentes ángulos y longitudes.
- 25 7. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el dispositivo es fijo.
8. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el dispositivo es un dispositivo flotante.
- 30 9. El dispositivo para capturar energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque tiene un sistema de orientación y anclajes que mantienen todo el conjunto orientado en la dirección de la ola (33).



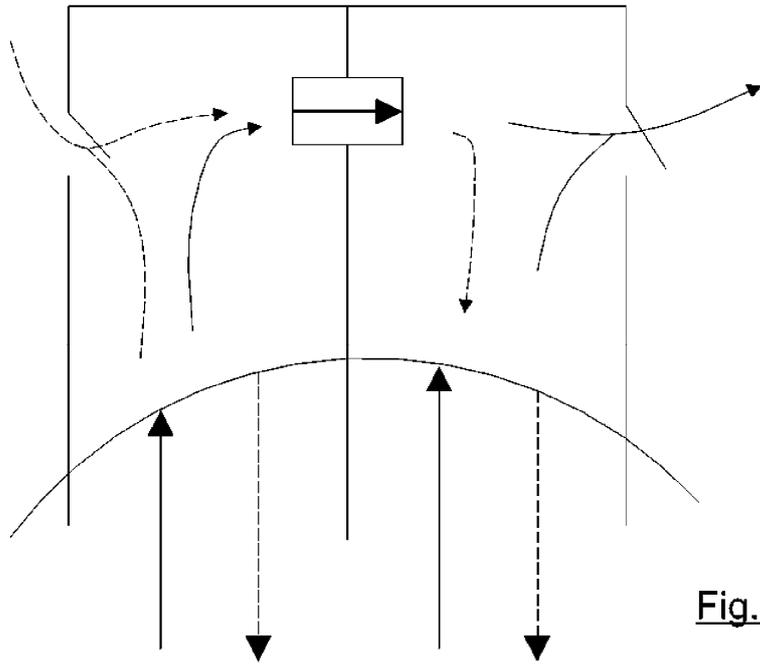


Fig. 1C

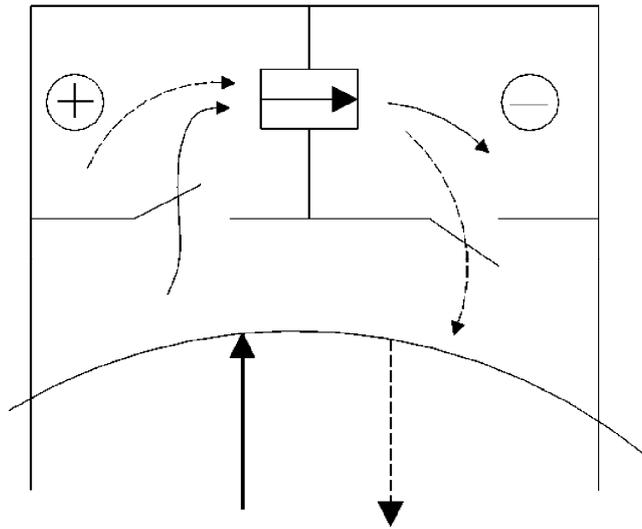


Fig. 1D

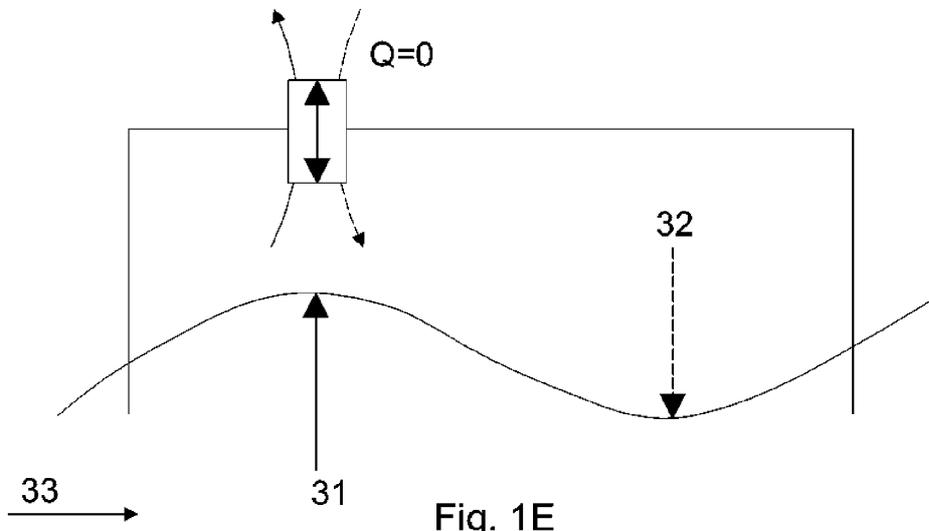


Fig. 1E

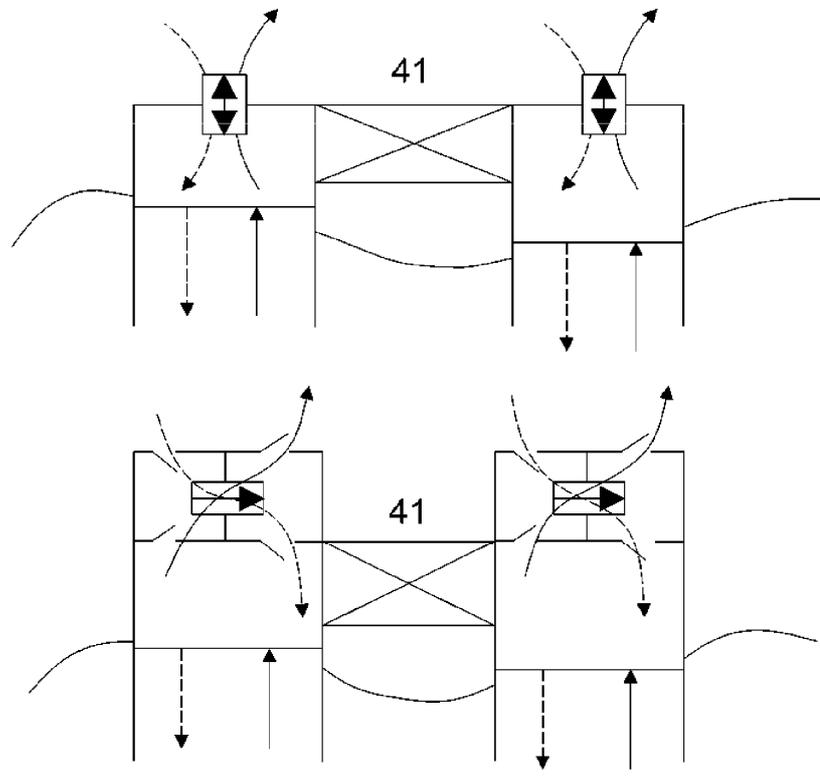


Fig. 1F

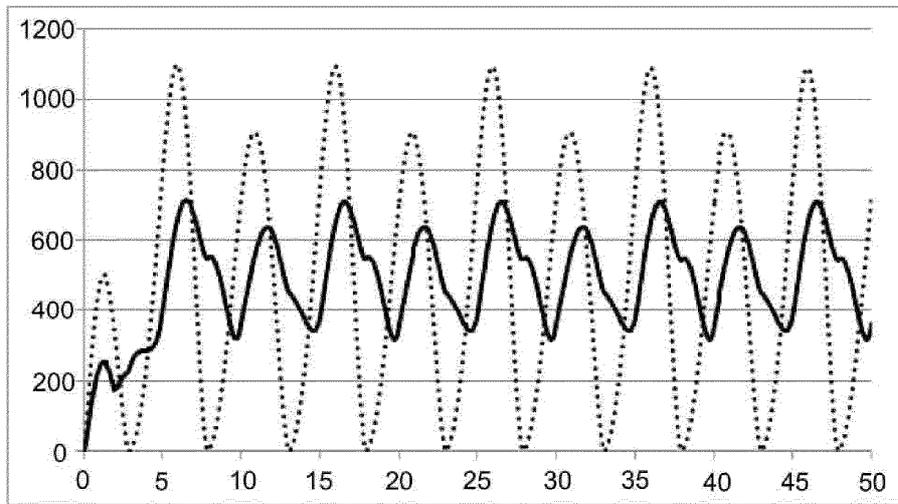


Fig. 1G

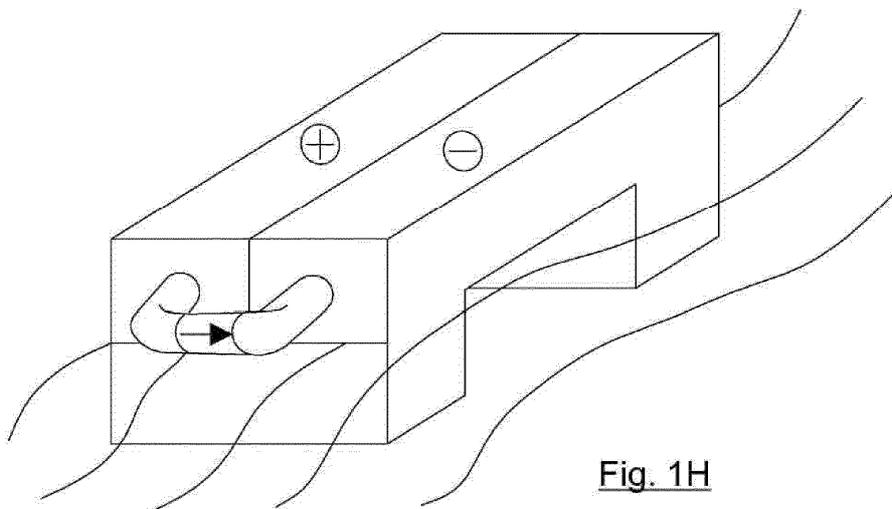


Fig. 1H

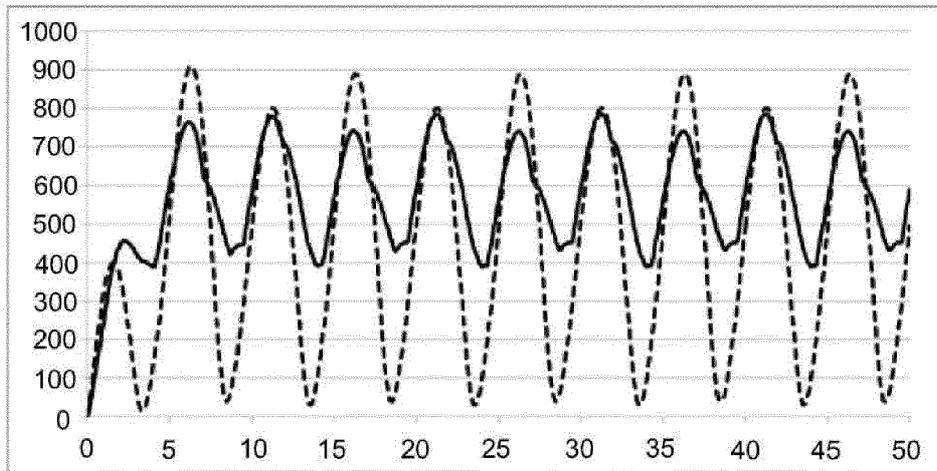


Fig. 1I

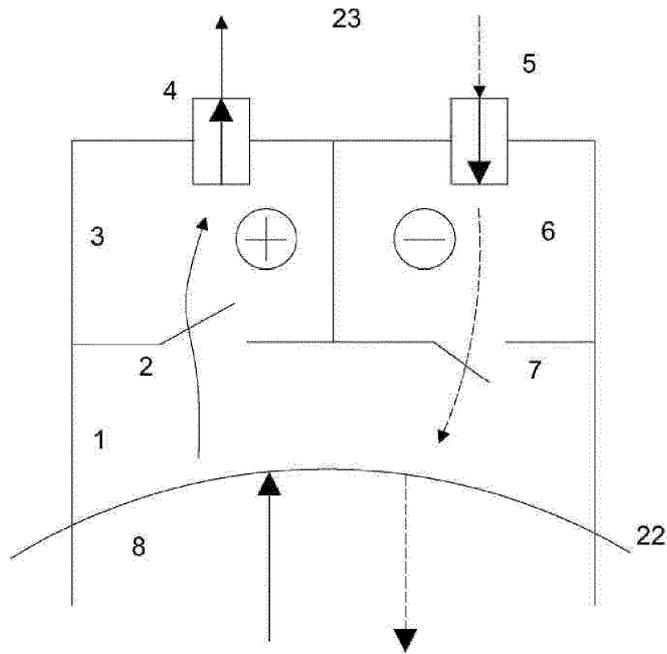


Fig. 2

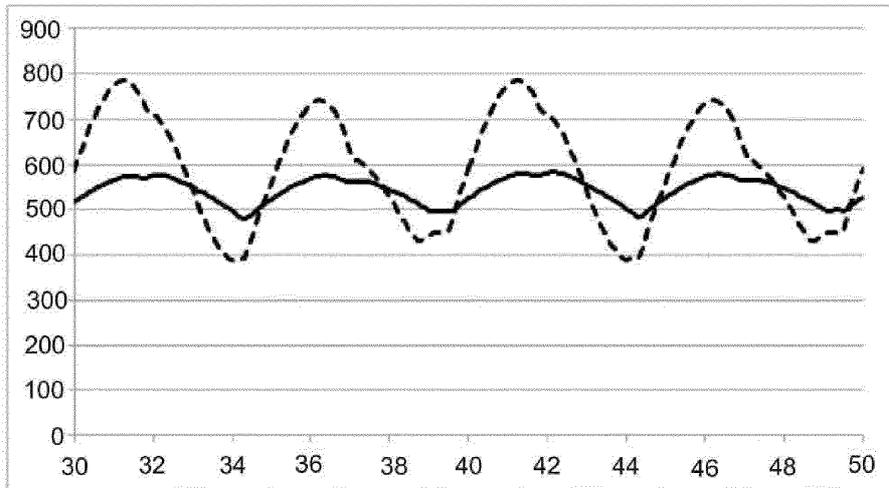


Fig. 3A

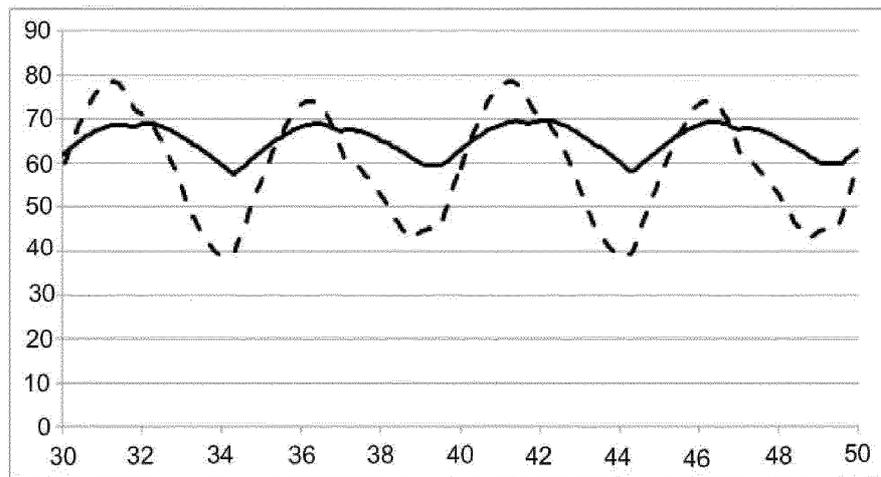


Fig. 3B

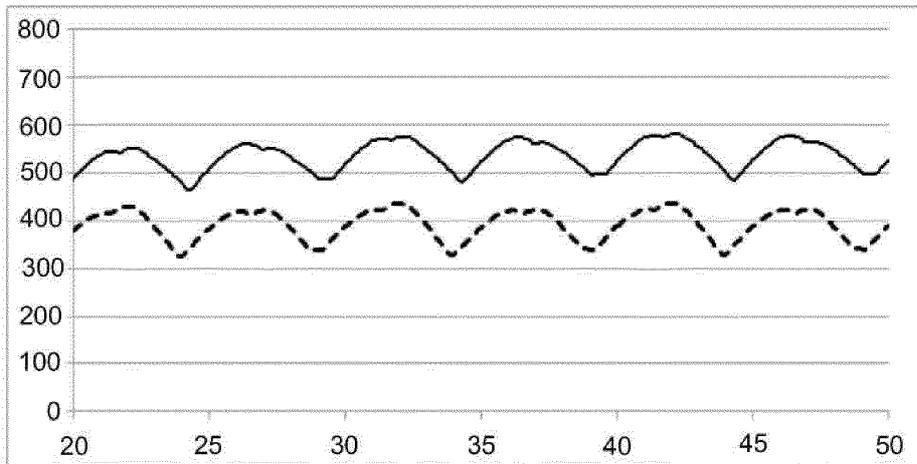


Fig. 4

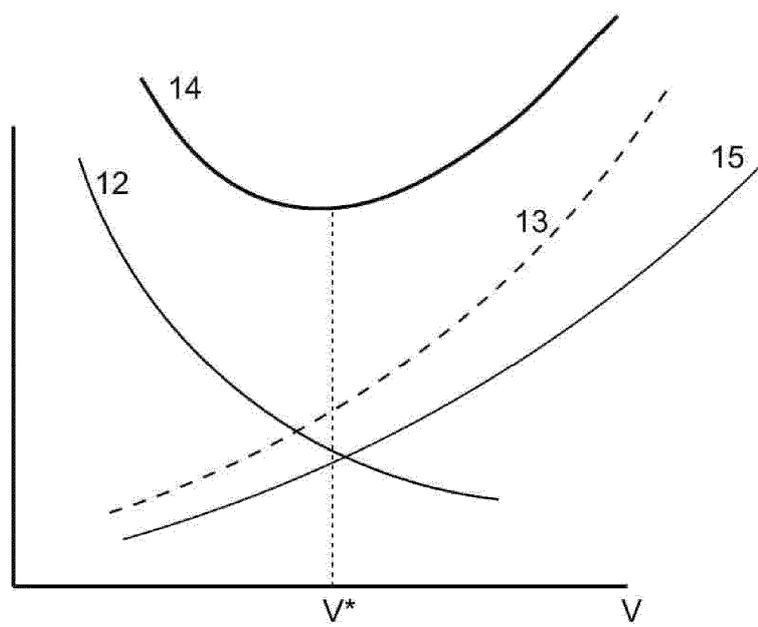


Fig. 5

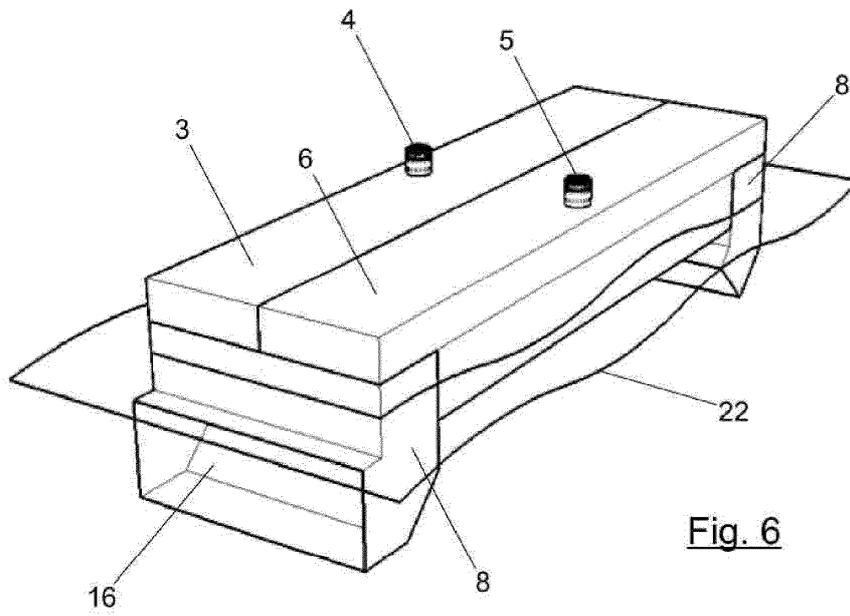


Fig. 6

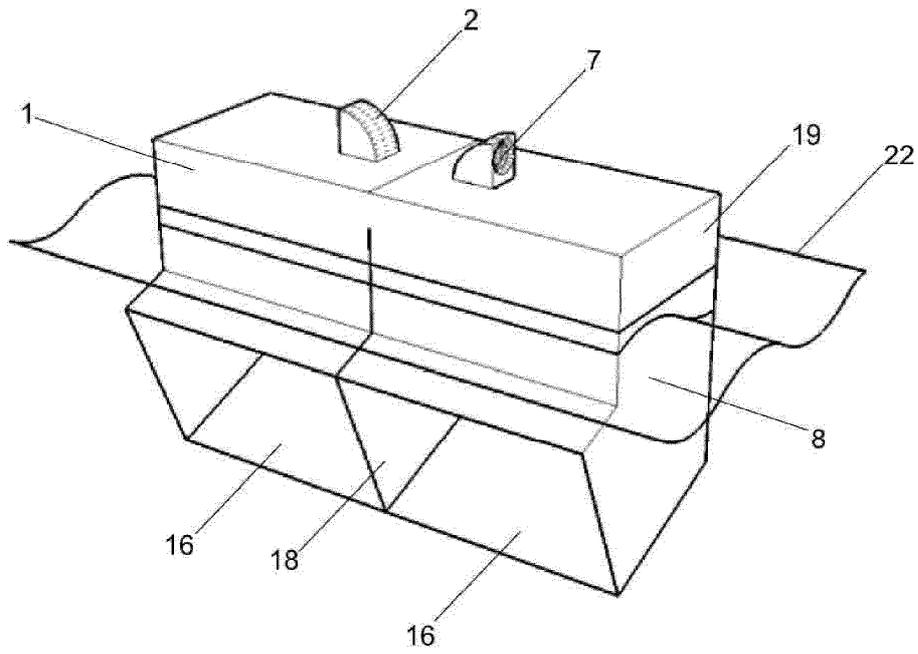


Fig. 7

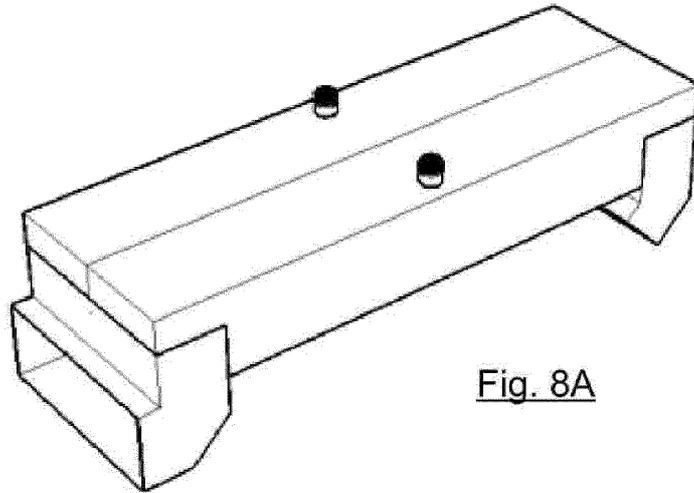


Fig. 8A

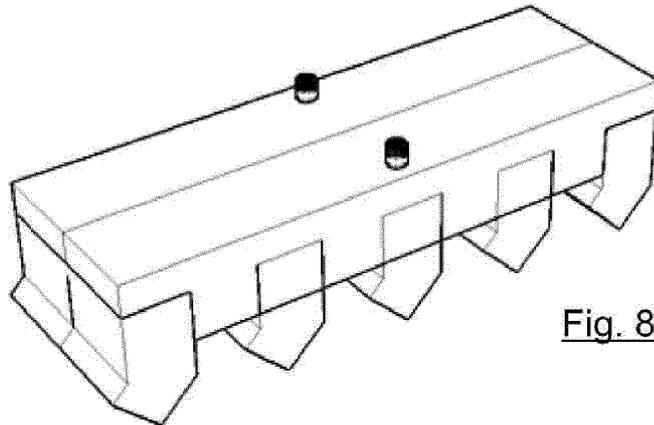


Fig. 8B

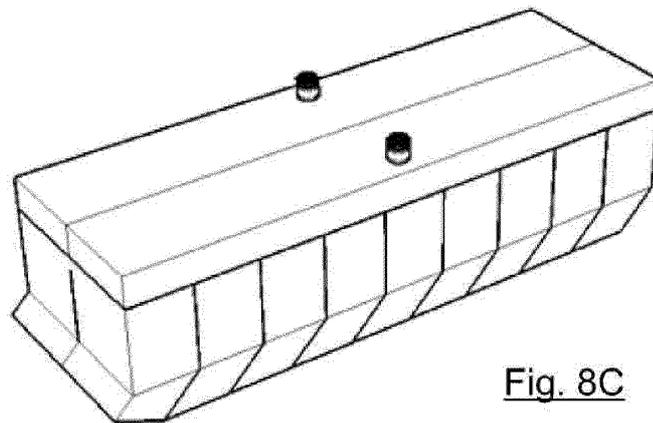


Fig. 8C