

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 628**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/12** (2006.01)

**F03B 13/20** (2006.01)

**F03B 13/24** (2006.01)

**F03B 13/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2007 E 07870693 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2038546**

54 Título: **Convertidor de energía de ola con compresión de aire (WECWAC)**

30 Prioridad:

**16.05.2006 US 800696 P**

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

**25.04.2016**

73 Titular/es:

**OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
1590 REED ROAD  
PENNINGTON, NJ 08534, US**

72 Inventor/es:

**BUFFARD, KEITH;  
DRAPER, MARK;  
PULLEN, KEITH y  
RHODES, ROBIN**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 567 628 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**

Convertidor de energía de ola con compresión de aire (WECWAC)

Antecedentes

5 Esta invención reivindica prioridad de la solicitud provisional US S/N 60/800,696 titulada Generación de Energía Utilizando Energía de Ola y Transmisión Neumática presentada en mayo 16, 2006.

Esta invención se relaciona con convertidores de energía de ola (WEC) para convertir la energía contenida en las olas superficiales sobre cuerpos de agua en energía útil, por ejemplo, para generar eventualmente energía eléctrica, y con medios para combinar las salidas de una pluralidad de las WEC y transmitir la salida combinada de una manera práctica y eficiente.

10 Existen muchos retos significativos en el aprovechamiento efectivo de la energía de olas del océano. La energía de las olas es altamente variable en frecuencia y fuerza. La frecuencia de las olas es generalmente muy baja y la fuerza de las olas varía en un amplio rango (desde bajo a muy alto). Adicionalmente, a diferencia de la energía de las mareas o eólica, el movimiento de los fluidos no es continuo en la dirección, con el elevamiento y la caída de las olas en un corto periodo de tiempo. De otro lado, los generadores eléctricos eficientes conocidos son típicamente dispositivos rotatorios unidireccionales de alta velocidad, bajo torque. Por lo tanto, un reto principal es encontrar un aparato que convierta eficientemente la energía de las olas en una forma que se pueda utilizar eficientemente, por ejemplo, para impulsar un generador eléctrico. Se han propuesto muchos sistemas. Sin embargo, no existe un sistema conocido por nosotros que pueda satisfacer los requisitos de conversión eficiente de energía, larga vida y bajo coste.

20 Por vía de ejemplo de lo que es conocido, la Patente US 3,697,764 de Stanziola et al., enseña el uso de la energía de las olas para comprimir el aire utilizado para impulsar generadores de turbina para generar energía eléctrica. Otra referencia, la Patente US 4,012,173 de Everson, Jr., muestra el uso de un compresor de carrera energizado por las olas. Hasta ahora y como es conocido, esto y otros sistemas de la técnica anterior no han sido elaborados o comercializados debido a la falta de practicidad en la construcción y operación de tales dispositivos.

25 Un problema significativo con un sistema de compresión de aire es la necesidad de operar de manera efectiva en un amplio rango de condiciones de ola. Es un objeto de esta invención suministrar un aparato y método para posibilitarle a un compresor de aire modificarle automáticamente su carrera de tal manera que este pueda operar efectivamente en un amplio rango de condiciones de ola.

30 El documento DE 103 51 186 A1 divulga una boya generadora de energía que tiene un tubo vertical, alrededor del cual se monta un deslizador que lleva un flotador anular. El flotador se conecta a la cabeza de la boya mediante pistones hidráulicos, la acción de la ola origina una acción de bombeo que impulsa el fluido hidráulico a través de una turbina que energiza un generador. Se monta un contrapeso en el extremo inferior del tubo para suministrar estabilización vertical y resistencia al movimiento de la ola.

Resumen de la invención

35 Un convertidor de energía de ola (WEC) en una realización de la invención incluye un compresor de aire de carrera variable autorregulante de acuerdo con la reivindicación 1.

40 El convertidor de energía de ola con compresión de aire (WECWAC) que muestra una realización de la invención incluye un sistema de toma de fuerza (PTO) novedoso. El WECWAC incluye dos cuerpos flotantes interconectados a través de un sistema de toma de fuerza (PTO). Un cuerpo flotante es un flotador grande que se mueve generalmente en fase con las olas. El otro cuerpo flotante es una "vigüeta" central ubicada dentro del flotador. La "vigüeta" central es un cuerpo flotante, pero su movimiento arriba/abajo (arrastre) está fuertemente restringido, por ejemplo, por una "placa de arrastre" de subsuperficie grande que limita el movimiento arriba/abajo (arrastre) de la vigüeta. El PTO convierte las fuerzas de reacción entre los dos cuerpos en energía útil. El PTO incluye un cilindro para comprimir aire que se une fijamente a la vigüeta y a un pistón que está conectado rígidamente y que es impulsado por el flotador. El pistón divide el cilindro en una cámara superior y una cámara inferior, con el pistón ubicado entre las dos cámaras para comprimir el aire recibido por las cámaras. El cilindro está actuando doble ya que el aire es comprimido en la cámara superior en la carrera hacia arriba y en la cámara inferior en la carrera hacia abajo del movimiento del flotador. Típicamente, como se muestra en la Fig. 1A, para una condición de ola normalmente anticipada, se puede considerar que el cilindro está relativamente quieto mientras que el pistón es impulsado hacia arriba y hacia abajo por el flotador para comprimir el aire alternativamente en las cámaras superior e inferior en su carrera hacia arriba y hacia abajo.

50 Un aspecto importante de la invención es que la carrera del pistón es variable. La flotabilidad de la vigüeta se establece para que en agua quieta (es decir, olas de amplitud bajas), la vigüeta descienda y se siente baja en el agua, con solamente la parte superior del cilindro por encima del agua. El descenso del cilindro (como se muestra en la Fig. 1B)

5 hace que al tamaño/volumen de la cámara superior disminuya. En la medida en que las olas se incrementan en altura, la WEC comienza a comprimir el aire en la cámara superior del cilindro y la vigueta comienza a salir del agua bajo la fuerza generada durante la compresión. En la medida en que las olas crecen, el aire también es comprimido en la cámara inferior del cilindro. Se suministra así una operación de carrera variable que hace la operación del sistema mucho más efectiva. A diferencia de las invenciones previas, el sistema propuesto es de diseño muy simple, siendo aún capaz de adaptarse dinámicamente así mismo a diferentes condiciones de ola. En el evento de una carrera excesiva, los topes de impacto (o resortes de aire) se utilizan para evitar el contacto directo entre las cabezas del cilindro y las caras del pistón.

10 De acuerdo con un aspecto de la invención, el flotador se hace con secciones huecas para recibir y procesar el aire comprimido. Luego de la compresión en el o los cilindros, el aire presurizado es bombeado hacia el flotador hueco, lo cual por lo tanto se dobla como un receptor/acumulador de aire. Un receptor de gran volumen actúa para suavizar el aire proveniente de él o los compresores antes de que este ingrese a la turbina, reduciendo así la variación de velocidad e incrementando notoriamente la eficiencia de conversión. La turbina puede ser alojada en el WECWAC, o por fuera en una plataforma separada o atrás en tierra. En las últimas configuraciones, el aire proveniente de un número de WECWAC se combinaría para impulsar un turbo generador grande sencillo y altamente eficiente.

20 Adicionalmente, el aire comprimido proveniente de una pluralidad de WECWAC individuales se combina para la transmisión a través de un tubo liso, para la transmisión de energía con pérdida baja a un generador eléctrico. Así el sistema de compresión de aire de cada WECWAC se puede poner en red a una turbina única. Esta "estancia" de los WECWAC puede energizar un turbogenerador central grande. Se conoce de manera general que la eficiencia de conversión de los generadores de turbina se incrementa con el tamaño. Con el sistema de distribución de aire de un tamaño tal para minimizar las pérdidas de transmisión, la eficiencia total del sistema será alta. Adicionalmente, el sistema permitirá que la electrónica de la turbina y el generador sean alojados en una plataforma estable o en tierra. Con la complejidad retirada de las boyas individuales, el sistema en red será más fácil de mantener y reparar. El costo de cada boya también se reduce de manera significativa. Estos beneficios se combinarán todos para posibilitar una reducción significativa en el costo total de la generación de energía.

#### Breve descripción de los dibujos

En los dibujos que acompañan los caracteres de referencia similares denotan componentes similares; y

La Fig. 1 es un diagrama en sección transversal altamente simplificado de un convertidor de energía de ola con compresión de aire (WECWAC) de una realización de la invención;

30 Las Figs. 1A y 1B son diagramas esquemáticos que ilustran la operación del WEC de la Fig. 1 para diferentes condiciones de ola;

La Fig. 2 es un diagrama neumático simplificado del sistema; y

Las Figs. 3, 4, y 5 son diagramas esquemáticos que ilustran varios sistemas que hacen uso de la presente invención.

#### Descripción detallada de la invención

35 En referencia a la Fig. 1, se muestra un diagrama altamente simplificado de una WECWAC de una realización de la invención. El WECWAC incluye un flotador 1.1 y una vigueta 1.10. Montada por encima de una vigueta 1.10 central se encuentra un cuerpo 1.5 de cilindro y unida a la parte inferior de la vigueta 1.10 central se encuentra una placa 1.7 de arrastre. El flotador 1.1 denota un primer cuerpo flotante que está diseñado para moverse en fase con las olas. El flotador puede ser de cualquier forma. En una realización preferida, el flotador es toroidal con una abertura central con una forma para permitirle moverse hacia arriba y hacia abajo con relación a la vigueta centralmente ubicada. La vigueta 1.10 con el cilindro 1.5 y la placa 1.7 de arrastre define un segundo cuerpo flotante que se diseña de manera general para moverse fuera de fase con las olas. El primer y segundo cuerpo flotante tiende así a moverse fuera de fase con relación el uno al otro. Cada cuerpo flotante puede moverse independientemente del otro, con solamente la presión del aire y la fricción enlazando los dos.

45 El flotador 1.1 es convertido por vía de un puente 1.4 a una barra 1.3 de pistón que está conectada al pistón 1.2. El puente 1.4 y la barra 1.3 de pistón suministran una conexión rígida fija que asegura que el pistón 1.2 se mueva con el flotador 1.1. El pistón 1.2 divide efectivamente el cilindro 1.5 en dos cámaras (cámara 1.8 superior y cámara 1.9 inferior) dentro del cual puede tener lugar la compresión de aire en la carrera hacia arriba y la carrera hacia abajo del pistón. En la disposición mostrada en la Fig. 1, el aire es comprimido en la cámara 1.8 y en la cámara 1.9, es decir, por encima y por debajo del pistón 1.2 principal. Así se dice que el compresor es de "doble acción".

50 El aire es recibido en la cámara 1.8 por vía de la tubería 1.11 de entrada y las válvulas 1.12 de entrada superiores. De manera similar, el aire es recibido en la cámara 1.9 por vía de la tubería 1.11 de entrada y las válvulas 1.13 de entrada

inferior. En la Fig. 1, el aire de escape comprimido pasa a través de las válvulas de escape (no mostrado) en el pistón 1.2 hueco, y luego a través de la barra 1.3 del pistón hueco y el tubo 1.6 de escape único. Evidentemente, se pueden utilizar disposiciones de tubería alternativas para recolectar el aire comprimido. En la Fig. 1, el aire comprimido se almacena dentro del flotador 1.1 hueco pero este podría ser suministrado en su lugar para mantener los tanques ubicados en otras ubicaciones adecuadas.

La placa de arrastre 1.7 se ubica bien debajo de la superficie donde ésta no se afecta fuertemente por las olas. Cuando la placa de arrastre se mueve a través del agua quieta, ésta crea mucho arrastre y atrae una gran masa de agua. Esto le permite oponerse a las fuerzas grandes generadas por la compresión de aire en el cilindro 1.5 principal.

#### Tubería y válvulas

La Fig. 2 es un diagrama del sistema neumático mostrado en la Fig. 1. El aire ingresa desde la atmosfera 2.1 y pasa a través de un separador 2.2 de agua. El aire es luego entubado hacia la cámara superior e inferior de un cilindro (2.4a & 2.4b) a través de válvulas de una vía (2.3a & 2.3b). El pistón es impulsado directamente por el flotador y este comprime el aire tanto en la cámara superior como inferior. Se dice por lo tanto que es de doble acción. Una vez comprimido, el aire ingresa entonces al pistón hueco a través de las válvulas de escape (2.5a & 2.5b en la Fig. 2). Las válvulas de escape son construidas en la cara superior e inferior del pistón. Las válvulas son válvulas de una vía (sin regreso) similares a aquellas normalmente utilizadas en los compresores alternativos, y pueden ser del tipo placa o de asiento. El diseño detallado del pistón y el tamaño correcto de las válvulas de escape son ambos importantes con el fin de minimizar las pérdidas de bombeo. El aire comprimido viaja entonces hacia arriba a través de la barra de pistón hueca y hacia diferentes secciones del flotador hueco (2.7, 2.8 & 2.9). El flotador se puede dividir en secciones separadas según se requiera, dependiendo del método de elaboración utilizado.

En la configuración mostrada en la Fig. 2, una turbina 2.10 se aloja dentro de una de las secciones del flotador, donde esta está protegida de los elementos. El aire pasa hacia la turbina (2.10) y se expande hacia el tanque (2.11) de la turbina. Después de pasar a través de la válvula de no retorno ligeramente cargada, el aire es luego expelido de nuevo hacia la atmósfera (2.12).

En otra realización del sistema (no mostrado), la turbina se almacena remotamente, por ejemplo, en una plataforma flotante adyacente.

#### Mecanismos de carrera variable

Debido a la naturaleza irregular de las olas del océano, una boya con bombeo de aire efectiva debe poder variar su carrera de compresión. Si no se utiliza la carrera variable, el suministro de presión del WECWAC caerá sustancialmente en mares pequeños, haciendo extremadamente difícil generar energía eficientemente. Un número de conceptos de carrera variable se ha propuesto en el pasado. Sin embargo, ninguno de estos sistemas es práctico, simple y autorregulante, y por lo tanto está comprometida la confiabilidad y el costo de ambos. En los sistemas WEC, la vigueta central es generalmente mantenida de manera relativamente estacionaria por placa o placas de arrastre grande de aguas profundas. En sistemas que son realizaciones de la invención, la placa de arrastre se utiliza para estabilizar el WEC y también se utiliza para variar la carrera de compresión. El uso de la placa de arrastre se utiliza para ilustrar un elemento que efectúa la función deseada. Se hace notar que se pueden utilizar las bases reactivas alternativas para controlar el arrastre de la vigueta y su flotabilidad. Esto es un aspecto significativo de la invención e incluye el uso de una "placa de arrastre" para hacer dos trabajos: 1) restringir el movimiento de arrastre de la vigueta (y por lo tanto suministrar una fuerza de reacción para la generación de energía) y 2) regular la carrera del sistema de compresión de aire. Este mecanismo de carrera variable es pasivo y es importante porque le permite al sistema operar efectivamente para diferentes condiciones de ola (por ejemplo aún en un ambiente de olas de amplitud baja).

El peso y la flotabilidad de la vigueta (1.10) se ajustan de tal manera que en agua quieta la vigueta se sienta muy bajo en el agua con solamente la parte superior del cilindro (1.5) por encima del nivel del agua. Esto significa que para las olas de amplitud pequeña, el volumen de barrido máximo de la cámara 1.8 superior se reduce, permitiendo la completa compresión del aire por el pistón. Bajo un ambiente de ola normalmente anticipado, el cilindro se ubicará de tal manera que el pistón, en el punto medio del ciclo de la ola, está generalmente centrado entre la parte superior e inferior del cilindro como se muestra en las Figs. 1 y 1A. Esto es, el volumen del aire comprimido (o cualquier gas adecuado) será genialmente igual para las cámaras 8 y 9. Sin embargo, en agua calma, el cilindro y la vigueta (tal como se diseñó) descienden como se muestra en la Fig. 1B. La parte superior del cilindro se mueve hacia abajo y está cerrada en la superficie superior del pistón. El movimiento arriba/abajo del cilindro/vigueta es relativamente lento comparado con el tiempo de respuesta del pistón que está atado al flotador que se mueve en fase con las olas. Así, la carrera (viaje) del pistón para comprimir el aire en la cámara superior se ha reducido. Así, ocurre la compresión efectiva en la cámara superior aún para olas de amplitud baja.

En la medida en que la altura de la ola continua incrementándose, el cilindro es empujado hacia arriba bajo la presión del aire en la cámara 1.8 superior y el volumen de barrido máximo de la cámara 1.8 superior se incrementa. Una vez

que la presión del aire del cilindro se aumenta, los topes de impacto no se utilizarán frecuentemente. También, en la medida en que la altura de la ola se incrementa, la cámara 1.9 inferior inicia el bombeo, y el sistema es luego balanceado, con las cámaras superior e inferior bombeando una hacia la otra.

5 Si existe un súbito incremento en la altura de la ola (carrera excesiva), los topes de impacto se utilizan para evitar el contacto directo entre el pistón y las cabezas del cilindro. Los topes de impacto se pueden considerar como cualquier dispositivo que absorbe golpes (neumático, hidráulico o un simple resorte mecánico). Un resorte de aire también se puede construir dentro del cilindro (1.5) principal para evitar el contacto entre las caras del pistón y las cabezas del cilindro. Una vez que el sistema a "arrancado" los topes de impacto difícilmente se utilizarán.

10 Así, un WEC que muestra una realización de la invención incluye un movimiento de flotador en fase con las olas y una estructura (vigüeta) vertical para recibo de un cilindro de un compresor de aire que contiene un pistón para comprimir el aire dentro del cilindro. El pistón está rígidamente conectado por un puente 1.4 al flotador que sube y baja en respuesta a las olas que pasan. El movimiento arriba/abajo del cilindro es restringido (por ejemplo por una placa de arrastre), y por lo tanto es relativamente no responsable de pasar las olas superficiales. También, en agua quieta, el cilindro y la vigüeta con una placa de arrastre o con una estructura similar adherida a esta tiende a hundirse dentro del agua hasta que el extremo superior del cilindro descansa cerrado en la superficie superior del pistón. Con el paso de las olas superficiales, el flotador tiende a moverse con relación al cilindro estacionario con el pistón moviéndose dentro del cilindro con relación al extremo superior del cilindro. La longitud de la carrera del pistón es así una función de la amplitud de la ola y la compresión del aire dentro de la cámara superior del cilindro se obtiene aún con unas olas de amplitud muy pequeña.

20 Otro aspecto significativo de la invención incluye el uso de un flotador hueco que se duplica como un seguidor de olas y un receptor de aire. En una realización preferida, el flotador es toroidal, para permitir el deslizamiento hacia arriba y hacia abajo alrededor de la vigüeta. Sin embargo, el uso del flotador como un receptor de aire no es esencial. En configuraciones alternativas, los receptores de almacenamiento de aire se pueden alojar en la vigüeta, o el trabajo del tubo de aire interconectante, o en tierra. De hecho, en la medida en que el número de WECWAC se incrementa, ocurrirá una suavización más y más dentro del trabajo del tubo interconectante, y el almacenamiento para suavizamiento puede ser menos importante.

25 El sistema de toma de fuerza (PTO) de los WECWAC de una realización de la invención incluye así un compresor de aire que se utiliza para impulsar un generador de turbina para generar electricidad. Un aspecto interesante de la invención es que se obtiene una carrera variable al mover la posición del cilindro con relación al pistón. En las realizaciones descritas la posición del cilindro es esencialmente automática una vez que la flotabilidad de la combinación de la vigüeta/cilindro se ha seleccionado. El concepto inventivo aplica a otros medios adecuados para mover el cilindro con relación al pistón. Se debe apreciar que la ubicación del cilindro es relativamente independiente del movimiento de la carrera del pistón que es una función directa del flotador, generalmente en fase con las olas.

Boyas WECWAC en red.

35 Aún otro aspecto de la invención se muestra en la Fig. 3. La casilla 3.1 del diagrama referencia un principal impulsor que puede ser cualquier aparato para capturar energía proveniente de una fuente de energía, por ejemplo, un molino de viento. En una realización preferida, sin embargo, el principal impulsor comprende un convertidor de energía de ola con compresión de aire (WECWAC) tal como el dispositivo descrito aquí o tal como se describió en la Patente US 6,768,216, emitida en julio 27, 2004.

40 La Figura 4 aquí muestra una red de WECWAC (por ejemplo 110) que incluye un cilindro montado para el movimiento, en respuesta a las olas que pasan, con relación a un soporte estacionario. El movimiento relativo entre las partes del aparato se utiliza para impulsar un sistema PTO. De acuerdo con esta invención, los movimientos relativos de las partes WEC se utilizan para impulsar un compresor de gas (casilla 3.2, Figura 3) para presurizar un gas de trabajo adecuado, por ejemplo nitrógeno pero preferiblemente, aire ambiente.

45 En una realización, el aire se comprime a una presión en el rango típicamente de 0.5 -10 bar. Idealmente, la salida de cada uno de los WECWAC está a una presión constante, pero la naturaleza compresible del aire significa que este no se requiere. El rango de presión seleccionado es adecuado tanto para la transmisión eficiente del aire presurizado (ítem 3.3, Figura 3) como para la conversión de la energía del aire a movimiento rotatorio utilizando expansores únicos o multietapa (casilla 3.4, Figura 3).

50 Como se conoce de manera general, la transmisión del aire a lo largo de un tubo (es decir un tubo liso) es muy eficiente con unas bajas pérdidas por fricción. Por ejemplo, 40 MW se pueden transmitir por vía de un tubo de 1.2 m de diámetro sobre 1.5 kilómetros con una pérdida de menos del 5%. Los tubos utilizados para transmitir el aire no son costosos, y en el evento de que ocurran escapes, solo escapa aire del tubo con bajo impacto ambiental. El tubo también actúa como un depósito natural para almacenar energía y suavizar la salida del generador eléctrico impulsado por el aire presurizado.

5 El trabajo útil se efectúa mediante expansión del aire presurizado. La expansión del aire se hace mediante uno o más turbo expansores, que corren a alta velocidad y convierten la presión del aire a movimiento rotatorio de alta velocidad típicamente a 5.000-70.000 rpm. La alta velocidad posibilita la conversión eficiente de energía por vía de un expansor simple o multietapa, aunque también manteniendo el tamaño y el peso en un mínimo. Así como se impulsa un eje de alta velocidad, el aire escapa del expansor a bajas temperaturas (tan bajas como menos 80 grados C). El aire frío se puede entonces utilizar para enfriar el generador y los auxiliares, pero también se podría utilizar para aire acondicionado u otros procesos industriales que requieran aire frío (congelamiento/secado)

10 La electricidad se produce (Casilla 3.5, Figura 3) utilizando un generador de electricidad de alta velocidad, que está preferiblemente conectado de manera directa a un turbo expansor y por lo tanto corre a la misma velocidad (15.000-50.000 rpm). A esta velocidad la generación de electricidad es muy eficiente, y también requiere solo de máquinas pequeñas. El generador es preferiblemente una máquina con magneto permanente con una salida de tres fases, preferiblemente que corren sobre bujes un cojinete de aire o magnético debido a las altas velocidades involucradas. El enfriamiento del generador es por vía de un sistema de aire o líquido cerrado con enfriamiento indirecto de este aire primario proveniente del aire frío que se produce en el escape del expansor, o mediante agua de mar. Si es necesario, se puede utilizar una caja de cambios para reducir la velocidad del generador.

20 La electricidad producida es preferiblemente de rango medio: 500-800 voltios, y una frecuencia de 250-500 Hz. Sin embargo, para sistemas más pequeños, puede ser útil generar un voltaje DC bajo. La electricidad de salida se rectifica y se invierte por vía de una unidad electrónica de energía para producir una salida a una frecuencia estable, alta calidad, y con suficiente protección para posibilitarle ser acoplada a una grilla. Se utiliza un transformador adecuado para coincidir con el voltaje local de la grilla. Están ahora disponibles unidades comerciales que pueden hacer todo el acondicionamiento de la energía eléctrica y pueden suministrar todos los relevos de protección requeridos.

Al igual que crear un sistema de toma de fuerza de energía y conversión eficiente, utilizar aire da un número de beneficios significativos adicionales:

25 La transmisión de energía a distancias cortas o medias es eficiente utilizando aire, de tal manera que tal transmisión de aire se puede utilizar para conectar un número de dispositivos WECWAC locales, y aún para transmitir la energía a donde se ubica la grilla de energía.

La oportunidad de transmitir "energía bruta" por vía del aire significa que los componentes electrónicos para controlar el proceso se pueden alojar en un ambiente seguro y limpio. Idealmente, el equipo generador está en tierra y directamente luego al punto de conexión a la grilla de energía.

30 La energía proveniente de las olas superficiales ocurre sobre una base intermitente, pero al combinar un número de dispositivos juntos para alimentar un turbo expansor simple, se puede retirar una porción significativa de esta intermitencia.

35 Como se anotó previamente, los tubos a través de los cuales se transmite el aire actúan como suavizantes y depósitos de almacenamiento, pero se puede agregar almacenamiento adicional fácilmente y económicamente para posibilitar una salida más consistente. Es aún posible mover almacenamiento de energía a gran escala al bombear aire por debajo de tierra hacia cavernas de sal o similares. Esto haría la confiabilidad y predecibilidad de la salida significativamente mejor; el almacenamiento por debajo de tierra por vía de aire comprimido se ha considerado como una alternativa al almacenamiento bombeado para "almacenar" electricidad.

40 El calor desperdiciado solar o industrial también se puede agregar al aire comprimido proveniente de una red WECWAC. Esto potencia significativamente la energía de turbina y también permite una conversión muy eficiente de la energía solar a energía eléctrica.

45 El sistema total es económico. La naturaleza de tamaño pequeño y alta velocidad del generador y el expansor hacen poco costoso el suministro y ajuste, y el acondicionamiento de la electrónica esta comercialmente disponible. También, como se mencionó previamente, la tubería para interconexión y transmisión está fácilmente disponible y es relativamente poco costosa.

50 La Figura 4 muestra una disposición de acuerdo con la invención que incluye un número de flotaciones WECWAC sobre el cuerpo del agua con cada WECWAC creando aire comprimido como se describió previamente. El aire presurizado proveniente de cada WECWAC se transmite a un nodo de recolección 4.2 también dispuesto en el cuerpo del agua, y el aire de presurizado recolectado se transmite a un turbo expansor 4.4 dispuesto en tierra adyacente a un generador 4.6 controlado mediante una unidad 4.8 de acondicionamiento de energía. La energía eléctrica así producida se carga a la grilla 4.9 de energía.

En la Figura 5, el generador turbo expansor y las unidades de acondicionamiento de energía están dispuestas costa afuera en una boya “madre” o en una plataforma costa afuera. La energía eléctrica se genera así costa afuera y es conducida por cable a una grilla de energía en tierra.

**REIVINDICACIONES**

1. Un convertidor de energía de ola (WEC) que comprende:

Un flotador (1.1) destinado a yacer a lo largo de la superficie del cuerpo de agua y diseñado para moverse en fase con las olas presentes en el cuerpo de agua;

5 Un elemento (1.10) similar a vigueta destinado a flotar en el cuerpo de agua, el elemento similar a vigueta tiende a moverse hacia arriba y hacia abajo en una dirección vertical en respuesta a las olas que pasan, generalmente fuera de fase con relación a las olas;

10 Medios (1.7) de impedimento unidos al elemento similar a vigueta para incrementar la masa efectiva de la vigueta para estabilizar la vigueta, impidiendo su movimiento arriba/abajo, mientras que aún se le permite moverse, y originando que este descienda en agua calma;

Un cilindro (1.5) unido al extremo superior del elemento similar a vigueta para moverse en tándem con el componente al cual este se une, dicho cilindro le posibilita al aire ser comprimido, dicho cilindro que esta generalmente incluido con al menos un puerto (1.11) de entrada para permitirle al aire atmosférico ser arrastrado hacia el cilindro y al menos un puerto (1.6) de salida para sacar el aire comprimido; y

15 Un pistón (1.2) dentro del cilindro conectado rígidamente por vía de una barra (1.3) de pistón al flotador por medio del cual el pistón comprime el aire dentro del cilindro como una función del movimiento del flotador con relación al elemento similar a vigueta; en donde

20 la porción interna del cilindro (1.5) por encima del pistón (1.2) se define como una cámara (1.8) superior y en donde la porción interior del cilindro por debajo del pistón se define como una cámara (1.9) inferior; caracterizada por que la posición en estado estable del cilindro con relación al pistón cambia como una función del movimiento de descenso de la vigueta en una dirección para disminuir el volumen de una de las dos cámaras mientras se incrementa el volumen de la otra cámara para posibilitar la carrera de compresión del pistón para ser automáticamente regulada.

25 2. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el cilindro tiene una cámara (1.8) superior por encima del pistón (1.2) y una cámara (1.9) inferior por debajo del pistón y en donde el aire atraído hacia la cámara superior es comprimido en una carrera hacia arriba del pistón y el aire que es atraído hacia la cámara inferior es comprimido en la carrera hacia abajo del pistón.

3. Un WEC tal como se reivindicó en la reivindicación 2, en donde el medio de impedimento es una placa (1.7) de arrastre unida a la porción sumergida de la vigueta (1.10)

30 4. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 3, en donde, para las horas de baja amplitud, el volumen de la cámara (1.8) superior disminuye por medio de la cual la carrera de compresión del pistón para producir el nivel deseado de compresión de aire disminuye.

5. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el flotador (1.1) es hueco y el flotador incluye medios para recibir y procesar aire comprimido.

35 6. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 5 en donde un generador (2.10) de turbina se ubica dentro del flotador y el aire comprimido se distribuye al generador de turbina para generar electricidad.

7. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 5 en donde el generador (2.10) de turbina se ubica por fuera del WEC y el medio de tubería se suministra para distribuir aire comprimido proveniente del WEC al generador de turbina para generar electricidad.

40 8. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el cilindro (1.5) se une a la vigueta (1.10) y el pistón (1.2) se conecta al flotador (1.1), y en donde la combinación de la vigueta y los medios de impedimento se seleccionan de tal manera que, en respuesta a las olas de pequeña amplitud, el cilindro unido a la vigueta tiende a moverse hacia abajo con relación al pistón, por medio del cual el tamaño de la cámara (1.8) superior disminuye posibilitándole al aire ser comprimido aún en olas de baja amplitud.

45 9. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 8, en donde la flotabilidad de la vigueta (1.10) y el tamaño de la placa (1.7) de arrastre se selecciona para posibilitar la regulación dinámica y automática de la carrera del pistón en una cámara de compresión.

10. Un WEC como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde:

dicho medio de impedimento es una placa (1.7) de arrastre simétricamente conectada a la porción sumergida de la vigueta (1.10), dicha placa de arrastre que se extiende en un plano perpendicular a la vigueta, dicha placa de arrastre tiene un par de superficies que se enfrentan de manera opuesta que se extienden transversalmente a la dirección vertical del movimiento del elemento similar a vigueta para impedir el movimiento de arrastre de la vigueta y para regular la carrera del pistón dentro del cilindro.

5

11. Una combinación que comprende:

convertidores de energía de N ola (WEC) de acuerdo a la reivindicación 1 que flotan sobre un cuerpo de agua; en donde N es un entero igual o mayor de dos (2); cada WEC incluye un compresor de carrera variable para producir aire comprimido en un puerto de salida; medios de tubería conectados entre el puerto de salida de cada WEC y un nodo (4.2) de recolección para combinar las salidas de los N WEC en dicho nodo de recolección; y medios (4.3) para transmitir el aire presurizado recolectado a un turbo expansor (4.4) para impulsar un generador (4.5) eléctrico.

10

12. La combinación como se reivindicó en la reivindicación 11, en donde el nodo (4.2) de recolección se dispone en el cuerpo de agua y en donde el turbo expansor (4.4) y el generador (4.5) eléctrico están ubicados en tierra.

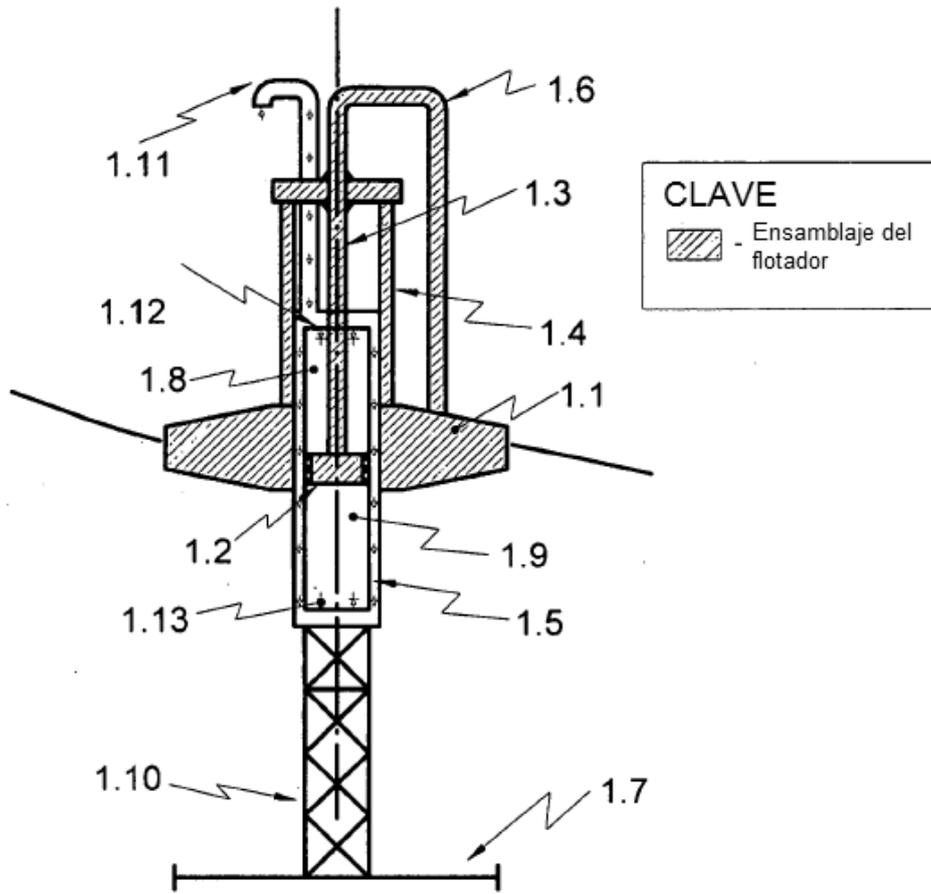


Figura 1. WEC esquemático

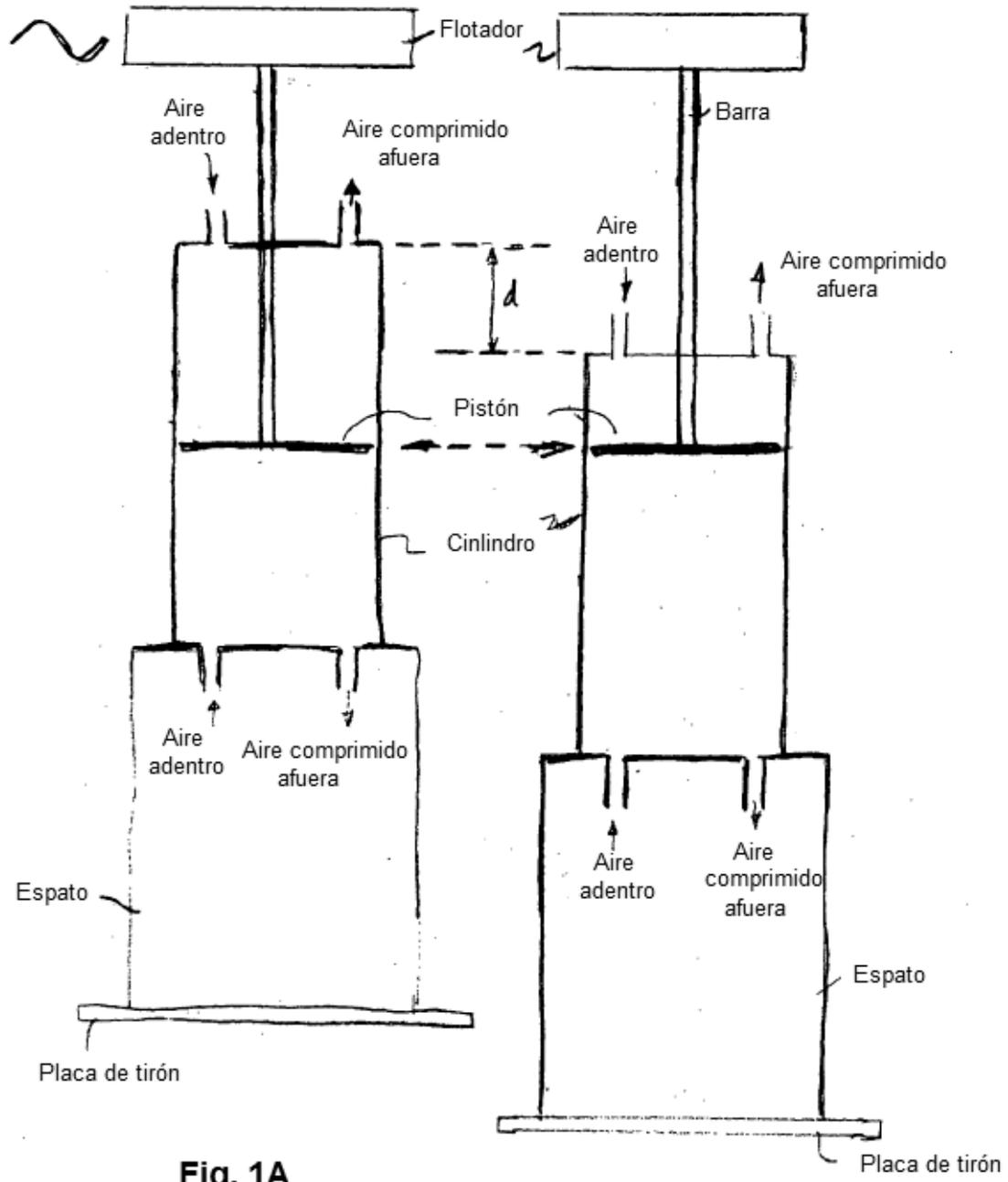


Fig. 1A

Fig. 1B

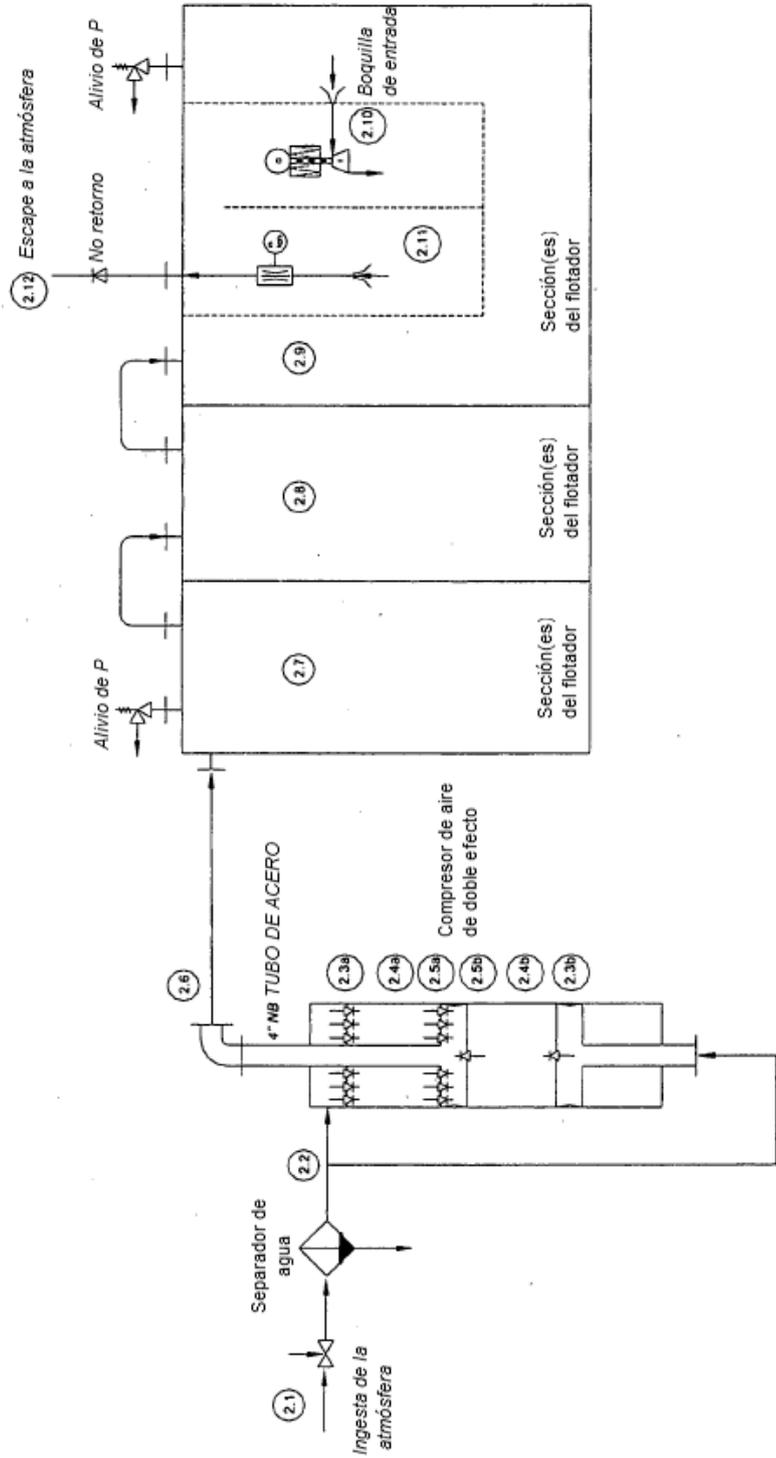


Figura 2 - Diagrama neumático

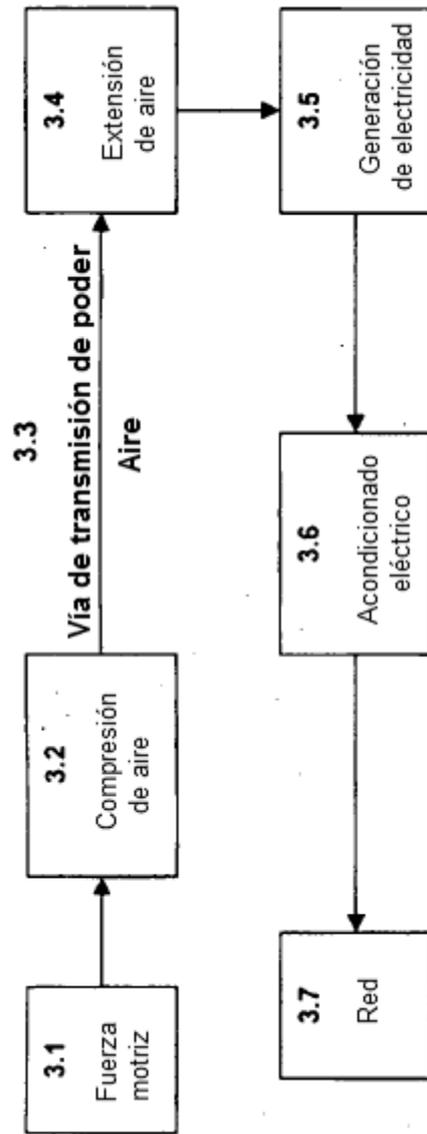
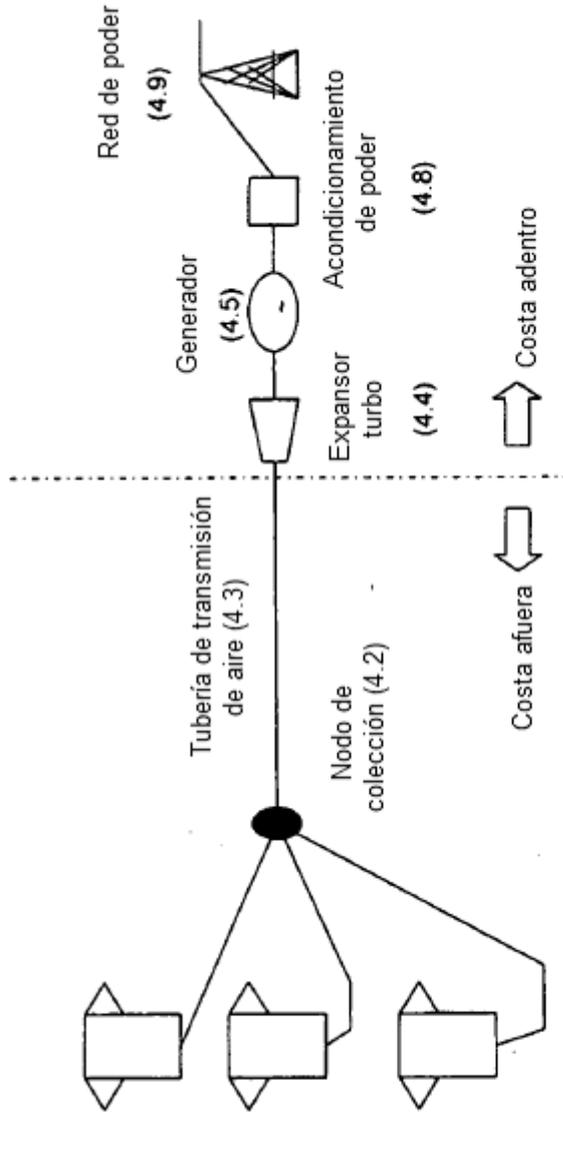


Figura 3 - Diagrama de bloques sistema en red



Boyas flotantes capturando energía de la ola y creando aire comprimido (4.1)

Figura 4 - Ejemplo A: Granja de onda cerca de la costa

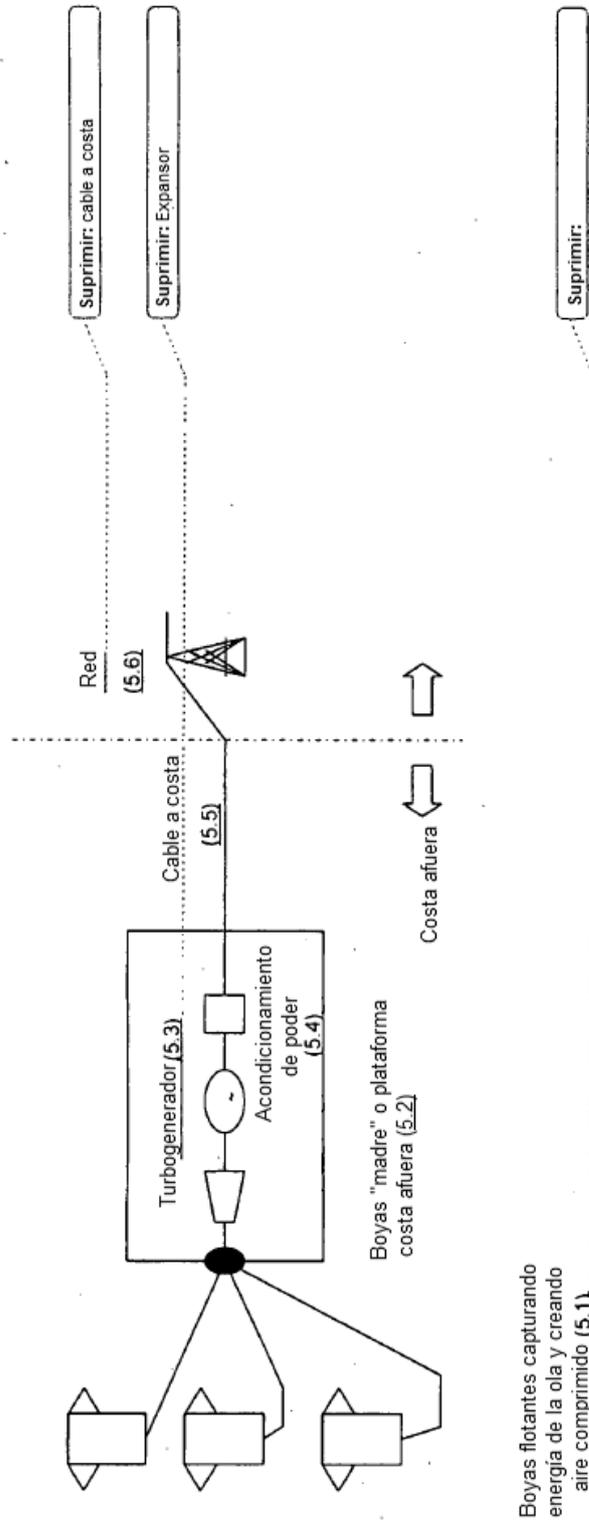


Figura 5 - Ejemplo 5: Granja de onda costa afuera