

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 160**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2013 PCT/GB2013/051612**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013 WO13190304**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2013 E 13731455 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 2864627**

54 Título: **Aparato para convertir energía a partir de un flujo de fluido**

30 Prioridad:

**20.06.2012 GB 201210930**

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

**25.09.2018**

73 Titular/es:

**VERDERG LIMITED (100.0%)  
6 Old London Road Kingston upon Thames  
Surrey KT2 6QF , GB**

72 Inventor/es:

**ROBERTS, PETER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 683 160 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**

Aparato para convertir energía a partir de un flujo de fluido

5 Campo técnico

Esta invención se refiere a sistemas y aparatos para generar energía a partir de un flujo de agua.

Antecedentes de la técnica

10

Muchos sistemas han sido propuestos para convertir una ola, una marea, una corriente o flujos fluviales en electricidad. Un tipo de dispositivo que es utilizado para generar energía es la turbina bajo el agua de corriente libre generalmente accionada por un flujo de marea. Desplegadas bajo el agua, las turbinas de corriente libre se pueden desplegar en un conjunto, pero requieren una separación considerable entre las turbinas individuales para evitar una degradación del rendimiento mutuo.

15

En la práctica estos dispositivos también requieren una alta velocidad de flujo para permitir utilizar los dispositivos para la producción de energía comercial. Las turbinas bajo el agua de corriente libre se basan en la energía cinética presente en el flujo de agua para generar energía y se requiere que se sitúen en la trayectoria de flujo de alta velocidad para ser rentables sin un diámetro grande de forma inviable. Esto es debido a que la energía cinética del flujo incidente en el disco de la turbina es proporcional al cuadrado de la velocidad del flujo de la corriente libre.

20

La fracción más grande teórica de la energía cinética incidente que se puede convertir en energía mecánica por cualquier turbina de corriente libre es denominada límite de Betz. Más allá de este punto, el agua simplemente fluye alrededor del exterior del disco de la turbina como si la turbina fuera un obstáculo sólido y no proporciona a energía adicional.

25

Un tipo adicional de dispositivo utilizado para generar energía es una presa hidroeléctrica donde una fuente de agua canaliza toda el agua a través de turbinas ubicadas dentro de la presa. Sin embargo, estos tipos de sistemas requieren una diferencia de carga de 5 metros o más para permitir a los generadores trabajar de forma eficiente. Esto por lo tanto limita el número de lugares en los que se puede utilizar dicho sistema. Otros dispositivos que generan energía a partir de un flujo de agua son descritos en los documentos FR2497877, GB2471349, DE102005040805 y US2010289268.

30

La presente invención proporciona un aparato alternativo para generar energía a partir de un cuerpo de agua que fluye a una velocidad relativamente baja, más lenta que las velocidades deseables para producir una energía eficiente de una turbina de corriente libre. Además, la presente invención no está sujeta al límite de Betz y por lo tanto es adecuada para generar grandes cantidades de energía.

35

40 Divulgación de la invención

La invención reside en general en un aparato para generar electricidad a partir de un flujo de agua, que comprende:

45

un tubo de venturi que tiene una región de entrada convergente, una región de salida divergente configurada como un difusor, y una región de garganta constreñida entre el extremo estrechado de la región de entrada y el extremo estrechado de la región de salida que proporciona un pasaje de flujo entre las regiones de entrada y de salida;

50

un tubo que tiene una turbina, configurada en el tubo de venturi, y en donde el extremo del tubo está situado de tal manera que el espacio entre el tubo de venturi y el tubo forma un primer pasaje de flujo, para un flujo primario, y el tubo forma un segundo pasaje de flujo, para un flujo secundario, de manera que durante el uso del flujo de agua a través del primer pasaje de flujo induce un flujo de agua a través del segundo pasaje de flujo. El tubo que tiene la turbina está configurado en la región de entrada convergente

55

en donde el extremo del tubo está situado, de tal manera que un espacio entre la región de entrada convergente y el tubo forma el primer pasaje de flujo y el flujo primario se mezcla con el flujo secundario en una cámara de mezclado entre la región convergente y la divergente.

60

Un aspecto de la invención proporciona un aparato para generar electricidad a partir de un flujo de agua que comprende: una sección convergente conectada a un primer extremo de una cámara de mezclado de tal manera que se define un venturi entre el extremo de la sección convergente y la cámara de mezclado; una sección difusora conectada a un segundo extremo de la cámara de mezclado, la sección difusora configurada de tal manera que durante el uso la presión en la salida de la sección difusora es mayor que la presión en el venturi; al menos parte del tubo ubicado en la sección convergente, de tal manera que se define un anillo entre el tubo y la sección convergente, para formar un primer pasaje de flujo, y el tubo que define un segundo pasaje del flujo dentro del tubo; y una turbina conectable a un generador, en donde la turbina está ubicada dentro del tubo.

65

## ES 2 683 160 T3

El tubo puede además comprender una pantalla que tiene aberturas en su extremo aguas arriba. En un modo de realización, el tubo comprende una pantalla que tiene aberturas proporcionadas a través de la abertura del tubo.

5 El tamaño de las aberturas en la pantalla es seleccionado para permitir el agua seguir fluyendo a través del tubo, mientras que evita que los peces entren en el tubo. La pantalla puede estar hecha de cualquier material adecuado, tal como una pantalla o una red perforada metálica. El tamaño de los aparatos es seleccionado para denegar la entrada en el tubo de los peces y otros animales marinos (nutrias etcétera) mientras que sigue permitiendo al agua fluir a través del tubo. Se puede utilizar cualquier sistema de acompañamiento adecuado. De forma preferible se utiliza una pantalla de peces.

10 Como no hay turbina ubicada en la tubería exterior formada por la sección convergente, la cámara de mezclado y la cámara divergente, no está integrado el paso de peces y otros animales marinos aguas abajo. Los peces y otros animales marinos pueden nadar de forma segura desde un lado de la presa en la que está ubicado el aparato, al otro lado. El aparato sigue siendo capaz de recuperar una gran cantidad de energía del flujo de agua a la vez que no daña a los peces y otros animales. Se evita que los peces entren en el tubo interior mediante la pantalla.

15 El tubo tiene una salida y una entrada y al menos parte del tubo que comprende la salida está ubicada en la sección convergente. El tubo el cual es coaxial con la sección convergente y en el cual hay una holgura entre el tubo y la sección convergente para definir el primer pasaje de flujo.

20 El tubo puede ser móvil con respecto a la sección convergente y a la cámara de mezclado. El tubo puede ser móvil axialmente con respecto a la sección convergente y a la cámara de mezclado.

25 El extremo aguas abajo del tubo se puede situar nivelado con la sección de venturi, aguas arriba de la sección de venturi o aguas abajo de la sección de venturi. El extremo del tubo puede ser móvil entre estas posiciones.

El tubo puede estar conectado a la superficie interior de la sección convergente mediante brazos de soporte. Los brazos de soporte pueden estar perfilados para minimizar la pérdida de energía en el flujo primario.

30 El tubo puede estar soportado dentro de un buje. El buje puede tener un perfil suave para minimizar la interferencia del flujo. El buje puede comprender un mecanismo de movimiento para mover el tubo axialmente. El buje y el tubo pueden comprender un mecanismo de tornillo y rosca para permitir el movimiento del tubo con respecto a la sección convergente. El buje y el tubo pueden comprender otros mecanismos de indexado para permitir el movimiento del tubo con respecto al buje y a la sección convergente.

35 El extremo aguas arriba del tubo puede estar ubicado dentro de la sección convergente o el extremo aguas arriba del tubo puede estar ubicado aguas arriba de la entrada de la sección convergente. El extremo del tubo puede ser móvil entre estas posiciones. La posición del extremo aguas arriba del tubo es seleccionada para optimizar el caudal secundario a través del tubo y la diferencia de presión entre los extremos aguas arriba y aguas abajo del tubo.

40 El tubo puede comprender un conjunto de palas de soporte radiales dentro del tubo. El conjunto de palas de soporte radiales está en un sentido opuesto a las palas de la turbina. El conjunto fijo de palas de soporte radiales está situado en el tubo en una ubicación aguas arriba o aguas abajo de la turbina.

45 El tubo puede ser una región convergente en su extremo aguas arriba. La región convergente puede ayudar a facilitar el establecimiento de la velocidad de flujo deseada a través de la turbina. En el tubo puede tener una región divergente en su región aguas abajo.

50 En un modo de realización, el tubo puede tener un diámetro sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud. La abertura del tubo y la salida del tubo que tienen sustancialmente el mismo diámetro.

55 La relación del área de sección transversal de la entrada de la sección convergente con respecto al área de sección transversal de la entrada de la cámara de mezclado es seleccionada para optimizar el caudal secundario a través del tubo y la diferencia de presión entre los extremos aguas arriba y aguas abajo del tubo.

La relación del área de sección transversal de la entrada de la capa de mezcla con respecto al área de sección transversal del tubo es seleccionada para optimizar el caudal secundario a través del tubo y la diferencia de presión entre el extremo aguas arriba y el extremo aguas abajo del tubo.

60 La relación del área de sección transversal de la entrada de la sección convergente con respecto al área de sección transversal de la salida de la sección difusora es seleccionada para optimizar el rendimiento del dispositivo. La relación del área de sección transversal de la entrada de la sección convergente respecto al área de sección transversal de la salida de la sección difusora puede ser de 1:1.

65 La turbina puede estar conectada a un generador coaxial mediante un árbol de accionamiento. De forma alternativa la turbina está conectada a un generador remoto mediante una rueda de polea y correas de accionamiento, ruedas

de engranajes y árboles de accionamiento, una bomba hidráulica, o un conjunto de tuberías y un motor hidráulico, o una mezcla de lo anterior.

5 La salida de la sección difusora puede tener una sección transversal sustancialmente rectangular, circular u oval.

La entrada de la sección convergente puede tener una sección transversal sustancialmente rectangular, circular u oval.

10 La salida de la sección difusora y la entrada de la sección convergente ambas pueden tener una sección transversal sustancialmente circular.

15 La cámara de mezclado puede tener una sección transversal sustancialmente circular a lo largo de su longitud. La cámara de mezclado puede ser cónica o acampanada en la dirección aguas abajo para optimizar el caudal secundario a través del tubo y la diferencia de presión entre los extremos aguas arriba y aguas abajo del tubo.

20 Ser cónica significa que la cámara de mezclado converge en la dirección aguas abajo de tal manera que la abertura de la cámara de mezclado tiene un diámetro mayor que la salida de la cámara del mezclado. Mediante acampanado significa que la cámara de mezclado diverge en la dirección aguas abajo de tal manera que la abertura de la cámara de mezclado tiene un diámetro más pequeño que la salida de la cámara de mezclado.

25 El venturi de la tubería exterior y las regiones de mezclado están libres de una turbina. No proporcionando una turbina directamente la cámara de mezclado directamente en el venturi ayuda a mantener un flujo condicionado de forma apropiada a través de esta región antes de que el flujo entre en la sección difusora. La sección divergente también está libre de una turbina. La turbina se proporciona sólo en el tubo interior de manera que sólo el flujo secundario pasa por la turbina.

30 La invención puede residir adicionalmente en un sistema que comprende una pluralidad de tubos de venturi, cada tubo de venturi que tiene una región de entrada convergente, una región de salida divergente configurada como un difusor, y una región de garganta constreñida entre el extremo estrecho de la región de entrada y el extremo estrecho de la región de salida proporcionando un pasaje de flujo entre las regiones de entrada y de salida; un tubo que tiene una turbina, una región de entrada y regiones de salida múltiples, el tubo que está configurado en los tubos de venturi, de tal manera que cada salida del tubo está situada en una región de entrada convergente de un tubo de venturi de tal manera que el espacio entre la región de entrada convergente y la parte del tubo en la región de entrada forma un primer pasaje de flujo, para el flujo primario, y el tubo forma un segundo pasaje de flujo, para un flujo secundario, de tal manera que durante el uso el flujo de agua a través de los primeros pasajes de flujo induce un flujo de agua a través del segundo pasaje de flujo. La turbina puede estar ubicada en la región de entrada del tubo.

35 Un aspecto adicional de la invención proporciona un aparato para generar electricidad a partir de un flujo de agua que comprende

- 40 - una pluralidad de secciones convergentes, cada sección convergente conectada a un primer extremo de una cámara de mezclado de tal manera que se define un venturi entre el extremo de la sección convergente y la cámara de mezclado;
- 45 - una pluralidad de secciones difusoras cada sección difusora conectada a un segundo extremo de una de las cámaras de mezclado, el difusor configurado de tal manera que durante el uso la presión en la salida del difusor es mayor que la presión en el venturi;
- 50 - un tubo que comprende un tubo de entrada, un distribuidor y una pluralidad de tubos de salida que se extienden desde el distribuidor, en donde al menos parte de uno de los tubos de salida está ubicada en una de las secciones convergentes, de tal manera que se define un anillo entre el tubo de salida y la sección convergente, para formar un primer pasaje de flujo y el tubo que define un segundo pasaje de flujo dentro del tubo; y
- una turbina que se puede conectar a un generador, en donde la turbina está ubicada dentro del tubo.

55 Una pantalla que tiene aberturas puede estar ubicada a través de la abertura del tubo de entrada.

La turbina está ubicada en el tubo de entrada. El tubo puede además comprender una región difusora ubicada entre el distribuidor y el tubo de entrada.

60 El área de sección transversal de la región de distribuidor del tubo puede ser más grande que el área de sección transversal del tubo en la que está ubicada a la turbina.

El aparato tal y como se describió anteriormente puede estar fijado a una presa para proporcionar un pasaje de flujo a través de la presa.

65 Un aspecto adicional de la invención comprende un sistema para generar electricidad a partir de un flujo de agua que comprende: una barrera para ubicarse a través de la sección transversal de un cuerpo de agua que fluye; y

prevista en al menos un aparato tal y como se describió anteriormente, en donde el aparato está situado de tal manera que durante el uso proporciona una trayectoria de flujo desde el lado aguas arriba de la barrera al lado aguas abajo de la barrera.

5 La barrera puede comprender al menos dos aparatos como los descritos anteriormente. De forma preferible, la barrera comprende un conjunto de aparatos como los descritos anteriormente. Los aparatos son incorporados en la barrera para proporcionar una trayectoria de flujo desde un lado de la barrera al otro.

10 La región de entrada y la región de salida se pueden invertir para usar de forma bidireccional tal como en un flujo de marea. A modo de ejemplo, las características en la región de entrada tal como un tubo con una turbina, también podrían estar previstas en la región de salida.

15 El aparato se puede utilizar para proporcionar un pasaje de flujo a través de la barrera. Una barrera puede ser una presa u otra instalación tal en un cuerpo de agua que crea una acumulación o contención de agua a alta presión en un lado.

20 Un aspecto adicional de la inducción comprende un método para proporcionar un pasaje de flujo a través de una barrera a través de un cuerpo de agua, que comprende:  
instalar un aparato como el descrito anteriormente en la barrera.

Un aspecto adicional de la invención comprende un método para generar electricidad a partir de un flujo de agua, que comprende:

- 25 - instalar un sistema o aparato como los descritos anteriormente a través de un cuerpo de agua para proporcionar una acumulación de agua, de tal manera que se crea una diferencia de carga entre los lados aguas abajo y aguas arriba de la barrera; y  
- utilizar el flujo de agua a través del aparato para rotar la turbina.

30 En la siguiente descripción, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" son utilizados para definir ubicaciones relativas de características de los aparatos. Las direcciones aguas arriba y aguas abajo son definidas en relación a la dirección en la cual fluye el agua a través del aparato durante el uso. El extremo aguas arriba puede ser considerado la región de entrada y el extremo aguas abajo puede ser considerado la región de salida.

35 Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora a modo de ejemplo con referencia los dibujos que acompañan:

La figura 1 muestra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de la invención;

40 La figura 2 muestra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de la invención;

La figura 3 muestra un ejemplo de una cámara de mezclado para el uso en el aparato de la invención;

45 La figura 4 muestra una vista seccionada del tubo y la turbina para el uso con la invención;

La figura 5 muestra una vista seccionada de un modo de realización de la sección convergente para el uso en el aparato de la invención;

50 La figura 6 muestra una vista lateral en sección transversal de un modo de realización de la invención;

Las figuras 7 y 8 muestran vistas seccionadas de la sección convergente para el uso en el aparato de la invención;

Las figuras 9 y 10 muestran ejemplos de diferentes modos de realización de la invención; y

55 Las figuras 11 y 12 muestran vistas en planta esquemáticas de modos de realización de la invención.

Modo(s) de llevar a cabo la invención

60 La figura 1 muestra un sistema de acuerdo con la invención para convertir un flujo de agua en electricidad. El sistema comprende una barrera 10 situada a través de la anchura de un cuerpo de agua y un aparato 12 que proporciona un pasaje de flujo para el agua a través de la barrera 10 y desde el lado aguas arriba de la barrera al lado aguas abajo de la barrera. El sistema convierte la energía del flujo hidráulico en energía potencial hidráulica y después convierte la energía potencial hidráulica en energía eléctrica. La resistencia de la barrera al flujo induce una elevación en la superficie libre del agua, aguas arriba, creando un inventario de energía potencial hidráulica que conduce el flujo a través del aparato y desde el cual se extrae la energía mecánica para la conversión en

65

electricidad. El inventario de energía hidráulica potencial en la superficie libre aguas arriba elevada se recarga de forma continua mediante la energía cinética del flujo aguas arriba.

5 Con referencia las figuras 1 y 2, el aparato 12 proporciona un pasaje de flujo desde una ubicación aguas arriba a una ubicación aguas abajo de la barrera 10. El aparato 12 comprende una sección 14 convergente que se estrecha hacia una cámara 16 de mezclado de manera que se define un venturi 18 en un límite de la sección convergente y de la cámara 16 de mezcla. Una sección 20 difusora divergente se extiende desde la salida de la cámara 16 de mezclado.

10 Un tubo 22 está ubicado a lo largo de al menos parte de la longitud de la sección 14 convergente de tal manera que se forma un anillo 24 entre la superficie exterior del tubo 22 y la superficie interior de las paredes que definen la sección 14 convergente. El eje longitudinal del tubo 22 está alineado de forma sustancial con el eje longitudinal de la sección 14 convergente. Una turbina 26 está ubicada dentro del tubo 22 y conectada a un generador 28 a través de un árbol 30 de accionamiento.

15 Una primera trayectoria de flujo para el flujo 32 primario se define dentro del anillo 24 entre el tubo 22 y las paredes de la sección 14 convergente. Una segunda trayectoria de flujo para un flujo 34 secundarios se define dentro del tubo 22. El anillo no está restringido a un espacio circular con forma de anillo entre el tubo y las paredes interiores de la sección convergente. La forma del anillo dependerá de la forma de la sección transversal de la sección convergente y del tubo.

20 La barrera 10 a través del cuerpo de agua proporciona una carga de presión aguas arriba del aparato. Este convierte algo de la energía cinética de la velocidad de flujo en energía potencial del nivel de agua elevado a medida que el flujo se frena a medida que la profundidad de agua detrás de la barrera se hace más profunda. La diferencia (H) de carga resultante permite la conversión de la energía potencial en energía útil por encima del límite de salida superior, conocido como el límite de Betz, de un dispositivo de corriente libre que extrae energía cinética directamente de un flujo equivalente. El agua del lado aguas arriba de la barrera 10 fluye a través de la sección 14 convergente dentro de la cámara de mezclado, y después fuera del aparato a través de la sección 20 difusora. Un flujo 34 secundario a través del tubo 22 es inducido el cual acción a la turbina 26 y por tanto alimenta al módulo de generador.

25 La sección 14 convergente acelera el flujo de agua en la zona de baja presión del venturi, formada de acuerdo con el teorema de Bernoulli. La zona de baja presión induce el flujo secundario a través del tubo. Tanto los flujos primario como secundario entran en la cámara de mezclado donde los dos flujos se mezclan. El flujo mezclado entra en la sección difusora y la velocidad del flujo de agua se ralentiza a medida que se mueve a través de la sección difusora. A medida que el agua fluye a través de la sección 20 difusora el flujo vuelve a ganar su carga estática y pierde su carga dinámica antes de que salga de la sección 20 difusora aguas abajo. Esto preserva la carga estática baja en el venturi.

30 Por tanto, el aparato es capaz de convertir un flujo de carga baja de alto volumen en un flujo de carga alta de bajo volumen a partir de la energía eléctrica que se puede generar con una turbina de reacción convencional.

35 La mayor parte, el flujo 32 primario, del flujo de agua pasará a través del anillo 24 formado entre las paredes de la sección 14 convergente y del tubo 22. Un volumen de agua más pequeño, el flujo 34 secundario, fluirá a través del tubo 22 accionando la turbina 26. Cuando el flujo 32 primario converge hacia el venturi en la sección convergente, el flujo 32 primario acelera y pierde carga estática de acuerdo con el teorema de Bernoulli. El flujo 32 primario a alta velocidad fuera del tubo 22 en la salida del tubo ayuda a conducir el flujo 34 secundario más lento fuera del extremo del tubo 22 en el flujo 32 primario.

40 En un modo de realización, el dispositivo es diseñado de manera que aproximadamente un 80% del flujo de agua pasa a través del anillo 24 y aproximadamente el 20% restante del flujo de agua es conducido a través del tubo 22.

45 La sección convergente tiene la forma de un embudo que tiene una primera abertura como una entrada para recibir agua desde detrás de la barrera en un extremo y una abertura más estrecha en una salida en el extremo opuesto para liberar agua en la cámara 16 de mezclado. La sección 14 convergentes se estrecha desde el extremo aguas arriba hacia la entrada de la cámara 16 de mezclado. Se define un venturi en el límite de la sección convergente y de la cámara de mezclado. Los parámetros de la sección convergente, tales como el ángulo  $\alpha$  (alfa) de convergencia, la longitud, la sección y el tamaño, tales como los diámetros de la entrada y de la salida de la sección convergente se pueden seleccionar para optimizar el rendimiento del aparato.

50 La cámara 16 de mezclado proporciona un área en la cual se puede combinar el flujo secundario y primario para formar un flujo sustancialmente uniforme, que es sustancialmente homogéneo antes de salir de la cámara de mezclado en la sección 20 difusora con un perfil de velocidad que permite una recuperación de presión suficiente en el flujo a través de la sección difusora para mantener la diferencia de presión entre la presión baja y el venturi y la presión más alta en la salida de la sección difusora. La presión baja por lo tanto mantenida en el venturi adyacente al extremo aguas abajo del tubo se comunica con la cara posterior de la turbina montada dentro del tubo que proporciona una caída de carga amplificada a través de la turbina.

La cámara de mezclado está configurada para maximizar la energía de salida de una turbina ubicada en el flujo secundario. Esto se logra, al menos en parte, mediante la cámara de mezclado que está configurada para optimizar los regímenes de flujo en la región inmediatamente aguas abajo del punto en el que el flujo secundario a través de la turbina inducido por la presión baja en el venturi comienza a mezclarse con el flujo primario. La cámara de mezclado está configurada para optimizar la transferencia de energía del flujo primario al flujo secundario en la cámara de mezclado.

La cámara de mezclado tiene una abertura, una salida y una longitud no nula para proporcionar un espacio entre la abertura y la salida en el cual se pueda mezclar el flujo. La longitud (L) de la tubería que define la cámara de mezclado es seleccionada de tal manera que un flujo aproximadamente condicionado se obtiene antes de que el flujo entre en la sección difusora. Seleccionando la longitud correcta para las condiciones de flujo y de presión se asegura que haya una transferencia de energía óptima entre el flujo primario que se mueve rápido y el flujo secundario más lento, de tal manera que hay un perfil de velocidad aceptable a través de los dos flujos antes de que los flujos combinados entren en la sección difusora.

A modo de ejemplo, la sección convergente, el tubo situado a través de la misma y la configuración de la cámara de mezclado junto con la sección difusora y el diseño de la turbina en el tubo, están todos configurados como un sistema para optimizar la caída de presión en el tubo a través de la turbina en conjunción con el caudal volumétrico inducido a través del tubo que pasa a través de la turbina ubicada en el mismo para maximizar la salida de la turbina.

A diferencia de las máquinas de energía cinética en una corriente de fluido libre, en donde la potencia máxima en cualquiera de dichas máquinas está sujeta al límite de Betz, y un conjunto de dichas máquinas requiere que sean colocadas con una separación significativa entre cada máquina, esta invención crea primero un inventario de energía hidráulica potencial a partir de energía cinética del flujo completo elevando el nivel de agua aguas arriba debido a la provisión de la barrera a través de toda la anchura del cuerpo de agua y después concentra la mayoría de este inventario de energía potencial en una parte más pequeña del flujo que pasa a través del tubo en el cual se monta una turbina adecuada y a través del cual se crea una caída de presión amplificada de forma correspondiente permitiendo a la energía eléctrica ser generada en una eficiencia "agua a cable" alta.

La presente invención aborda problemas que se encuentran comúnmente en el uso de un conjunto de turbinas de corriente libre situadas a su vez a través de un cuerpo de agua. Si dicho conjunto de turbinas de corriente libre fueron situadas a través del mismo cuerpo de agua que fluye como la presente invención, para lograr eficiencias aceptables, el diámetro del disco de turbina de la turbina de corriente libre será mucho más grande que para la presente invención. La velocidad de rotación de la turbina de la turbina de corriente libre será mucho más lenta y por lo tanto necesitará una caja de cambios elevadora par pesadas para accionar su generador en comparación al aparato de la presente invención. En muchos lugares, incluyendo la mayoría de los ríos y muchos lugares de estuarios de mareas, el diámetro deseable de una turbina de corriente libre puede exceder de forma significativa la profundidad de agua disponible. Como se puede utilizar una turbina más pequeña con el sistema de la invención para lograr eficiencias equivalentes y/o mayores, el sistema es adecuado para ser utilizado en un rango más grande de sitios.

La superficie libre del agua aguas arriba por detrás del sistema de la invención es elevada a lo largo de toda la anchura del flujo, típicamente, de 1,5 m a 3,5 m. Para turbinas de corriente libre, habrá un "abultamiento" en la superficie del agua por encima de la turbina, provocado por la resistencia de la turbina al flujo de agua, y que es una medida de la capacidad de generación de energía de la turbina de corriente libre. Este abultamiento es típicamente indetectable a simple vista. La elevación justo aguas arriba de una turbina de superficie libre es casi imperceptible debido a las restricciones del límite de Betz. Además, este volumen elevado pequeño es local para cada turbina de corriente libre en planta y el límite de Betz también prescribe un agua abierta significativa entre cada turbina de corriente libre conjunto de manera que el volumen del agua elevada por encima y justo aguas arriba de una turbina de corriente libre o conjunto de turbinas es radicalmente más pequeña que la elevación aguas arriba de la invención situada a través del mismo cuerpo de agua que fluye, típicamente mediante un orden de magnitud o más. Esta comparación de volúmenes del agua elevada es una medida directa de la energía comparativa disponible para la conversión en energía eléctrica por cada tipo de máquina. El sistema de la invención, por lo tanto, típicamente, tiene un orden de magnitud o más de energía disponible para ello que la que tiene una turbina de corriente libre o conjunto de turbinas de corriente libre a partir del mismo cuerpo de agua.

Además, la invención crea una elevación de carga mucho más grande aguas arriba que la que se podría desplegar de una turbina de corriente libre y, entonces, amplifica típicamente esa diferencia de carga adicionalmente por un factor de 3 a 5 veces en el flujo secundario inducido el cual es típicamente un 20% del flujo aguas arriba. Así la carga de accionamiento (presión) de la turbina en la invención es mayor que aquella a través de una turbina de corriente libre, típicamente en un orden de magnitud o más. Este aparato de la invención puede por tanto utilizar una turbina con un diámetro que es más pequeño en un orden de magnitud o más, y rota a una velocidad que es más alta en un orden de magnitud o más, que una turbina de corriente libre típica.

Una presa hidroeléctrica típica, donde una barrera a través de una fuente de agua canaliza todo el flujo de agua a través de la turbina requiere una diferencia de carga de típicamente 5 m o más para hacer que el generador trabaje de forma eficiente. Sin embargo, debido a la amplificación de presión en el flujo secundario inducido, la invención puede funcionar como una turbina rentable en diferencias de carga de alrededor de 1,5 m.

5 Con referencia la figura 3, en un modo de realización de la invención, la cámara 16 de mezclado puede estrecharse en la dirección aguas abajo un ángulo  $\beta$ , beta, de medio cono, de tal manera que la salida de la cámara de mezclado es más estrecha que su entrada. El ángulo de medio cono de la cámara de mezclado puede ser positivo o negativo. En un modo de realización alternativo, la cámara de mezclado puede estrecharse en la dirección aguas arriba de manera que la salida de la cámara de mezclado es más ancha que la entrada de la cámara de mezclado, es decir, la cámara de mezclado diverge a lo largo de su longitud hacia la sección difusora. Teniendo una cámara de mezclado estrechada se puede facilitar la transferencia de energía entre el flujo primario a una velocidad más alta a través del anillo y el flujo secundario más lento que sale del tubo 22.

15 El extremo aguas abajo de la cámara 16 de mezclado está conectado a la sección 20 de difusor. La sección de difusor tiene la forma de un embudo que tiene una primera abertura como una entrada para recibir agua desde la cámara 16 de mezclado y una abertura más ancha con una salida en el extremo opuesto para liberar agua devuelta al flujo libre en el lado aguas abajo de la barrera. La sección 20 difusora diverge hacia fuera desde la salida de la cámara 16 de mezclado para ralentizar el flujo y recuperar la presión estática antes de que salga de la sección 20 difusora y para minimizar la pérdida de energía a través de la turbulencia. El ángulo de desviación se puede seleccionar para optimizar el rendimiento del difusor.

25 Los parámetros de la sección difusora, tales como la longitud de la sección, el ángulo  $\theta$  de divergencia y la relación del área de sección transversal de la primera y segunda aberturas se seleccionan para suprimir la turbulencia y para reducir las pérdidas de energía provocadas por la rotura del flujo, a medida que el flujo decelera hasta la velocidad de corriente libre. Una turbulencia indebida, remolinos y la rotura del flujo pueden perjudicar a la recuperación de presión a medida que el flujo se aproxima a la salida de la sección difusora. Los parámetros son seleccionados para maximizar la recuperación de presión de manera que la presión en la salida del difusor, que se establece por la profundidad del agua aguas abajo, es tan alta como sea posible por encima de la presión en el venturi.

30 El tubo 22 se extiende a lo largo de al menos parte de la longitud de la sección 14 convergente y está ubicado centralmente dentro de la sección 14 convergente. El tubo puede tener un diámetro sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud. La entrada del tubo que tiene sustancialmente el mismo diámetro que la salida del tubo. Con referencia las figuras 2 y 7, el tubo 22 está soportado dentro de la sección 14 convergente mediante brazos 36 de soporte radiales que se extienden desde la superficie exterior del tubo 22 a la superficie interior de la sección 14 convergente. El número de brazos de soporte presentes puede variar. De forma preferible se pueden utilizar 3 o 4 brazos de soporte, sin embargo, se pueden utilizar más o menos brazos de soporte si se requiere. Los brazos de soporte están perfilados para minimizar la pérdida de energía en el flujo primario.

40 En un modo de realización adicional, el tubo puede comprender una región convergente en su extremo aguas arriba. La región convergente del tubo facilita una alta velocidad del flujo a través de la turbina. El tubo puede tener una región divergente en el extremo aguas abajo del tubo aguas abajo de la turbina. La región divergente del tubo actúa como un difusor para ayudar a proporcionar una comparación preferida entre la velocidad del flujo secundario que sale del tubo y el flujo primario anular en la sección divergente.

45 La entrada del tubo está expuesta a la carga estática aguas arriba y el extremo aguas abajo del tubo está expuesto a la carga estática reducida en la región del venturi. El tubo proporciona una trayectoria de flujo entre la carga estática alta aguas arriba y la carga estática baja aguas abajo en el venturi. El flujo 34 secundario pasa a través del tubo 22, inducido por la caída de carga amplificada entre el extremo aguas arriba del tubo y el venturi. Una turbina 26 está ubicada dentro del tubo 22 y está conectada mediante un árbol 30 de accionamiento a un generador 28 y extraer energía del flujo secundario. Debido a la baja presión en el venturi, la caída de presión entre la salida del tubo 22 y la entrada del tubo se mejora para coincidir de forma más próxima a la presión de diseño en la cual la turbina de flujo axial de alta velocidad trabaja mejor.

55 Tal y como se muestra en las figuras 2 y 6, el extremo aguas abajo del tubo 22 está ubicado dentro de la sección 14 convergente de tal manera que el extremo aguas abajo del tubo está expuesto a la carga estática reducida en la región del venturi. El extremo aguas abajo del tubo termina a una distancia X1 de la cámara 16 de mezclado. El extremo aguas arriba del tubo 22 se extiende fuera de la entrada de la sección 14 convergente a una distancia X2. Las distancias X1 y X2 se seleccionan para optimizar el rendimiento del dispositivo y para minimizar el flujo secundario a través del tubo.

60 X1 y X2 pueden ser positivas o negativas de tal manera que, en una configuración del aparato, el extremo aguas arriba del tubo puede estar situado dentro de la sección convergente y en otra configuración del aparato el extremo aguas abajo del tubo puede estar situado dentro de la cámara de mezclado.

65



La habilidad para variar la distancia X2 asegura que el extremo aguas arriba del tubo 22 se extiende fuera de más allá de la entrada de la sección 14 convergente una distancia óptima que proporciona acceso al extremo aguas arriba del tubo 22 a una carga de presión aguas arriba máximas sin pérdidas de energía de rozamiento indebidas en el flujo secundario dentro del tubo provocadas por ser demasiado largo.

5 El flujo 32 primario de alta velocidad fuera del tubo en la salida del tubo ayuda a conducir el flujo 34 secundario más lento a través del tubo y fuera del extremo del tubo dentro del flujo primario. El flujo 34 secundario acelera a medida que se mezcla con el flujo 32 primario. Variando X1, la posición de la salida del tubo, desde aguas arriba del venturi hasta dentro de la cámara de mezclado invoca diferentes características de mezclado en lo que es un régimen de flujo turbulento y complejo. La flexibilidad para hacer dichos cambios detallados permite que se seleccione un régimen de mezclado óptimo para adecuarse a cualquier diseño y condiciones de flujo.

15 En un modo de realización, el tubo 22 es móvil hacia adelante o hacia atrás (aguas abajo o aguas arriba) con respecto a la cámara de mezclado en la dirección axial. Tal y como se muestra en las figuras 5 y 6, el tubo 22 está soportado en la sección 14 convergente mediante un buje 42 de soporte hueco. Los brazos 36 de soporte se extienden radialmente desde el buje a la superficie interior de la sección 14 convergente. El número de brazos de soporte puede variar y están perfilados para minimizar las pérdidas de energía en el flujo primario.

20 El buje 42 y el tubo 22 comprenden un mecanismo de tornillos y rosca complementarios para permitir el movimiento del tubo con respecto a la sección convergente. Un tornillo roscado dentro del buje se acopla con un roscado de engranaje alrededor de la parte local de la superficie externa del tubo adyacente al buje de soporte. Un mecanismo rotatorio rota el tubo 22 y permite que se varíen las distancias X1 y X2 durante el funcionamiento de manera que se varíen de forma adecuada las condiciones de funcionamiento. Se pueden emplear otros mecanismos de indexado que pueden mover la posición del tubo con respecto a la sección convergente y a la sección de mezcla. Los bordes del buje pueden estar perfilados para ser suaves para minimizar la interferencia de flujo en el flujo primario.

30 Proporcionando la turbina antes del venturi en el tubo se permite que la cara aguas arriba de la turbina esté expuesta a una cara aguas arriba ambiente mientras que la cara aguas abajo de la turbina está expuesta a una zona de baja presión de manera que hay una diferencia de presión a través de la longitud del tubo que crea el flujo secundario. La turbina es capaz de tomar energía del flujo secundario que es empujado a través del tubo por la presencia de la región de baja presión en la salida del tubo.

35 El tubo puede comprender un conjunto fijo de soporte radial que soporta palas de un sentido opuesto a las palas de la turbina. Por ejemplo, las palas de soporte pueden estar dispuestas a mano derecha y las palas de turbina pueden estar dispuestas a mano izquierda o viceversa. El conjunto fijo de palas de soporte radiales actúa como palas de enderezamiento de flujo que tienen un sentido opuesto a las palas de turbina. El conjunto de palas de soporte radiales puede estar situado dentro del tubo o bien aguas arriba o aguas abajo de la turbina y están diseñadas para asegurar que cualquier energía rotatoria inducida en el flujo por la turbina sea contrarrestada de tal manera que el flujo que emerge del tubo es tan próximo como sea posible al axial.

40 Con referencia las figuras 4, 6 y 8, la turbina de flujo axial es soportada mediante un estator que tiene una pluralidad de palas 38 de soporte se extienden radialmente ubicadas aguas arriba de la turbina. El estator puede comprender dos o más, de forma preferible cinco o más palas 38 de soporte radiales. Un cojinete 40 de árbol está montado en el árbol 30 de accionamiento en el centro de las palas 38 de soporte. Cada pala de soporte tiene un ángulo de ataque al flujo secundario de manera que se introduce un retorcimiento previo en el flujo secundario en el sentido opuesto al que es causado por el conjunto de rotor de la turbina como resultado del flujo secundario a través del tubo. Los ángulos de ataque de sentido opuesto de las palas de estator y de rotor son seleccionados para maximizar la salida de potencia y crear un flujo que salga del extremo aguas abajo del tubo 22 en una dirección esencialmente axial con el retorcimiento mínimo. La turbina 26 está conectada por el árbol 30 de accionamiento a un generador eléctrico. El generador puede estar ubicado bajo el agua, dentro o en estrecha proximidad a la barrera. En otros modos de realización, el generador puede estar ubicado alejado del aparato y/o fuera del agua, accionado mediante una correa o tren de accionamiento adecuados que conectan la turbina al regenerador. Otros sistemas adecuados tales como ruedas de polea, correas de accionamiento, ruedas de engranajes, árboles de accionamiento, bombas hidráulicas, conjuntos de tuberías y motores hidráulicos y mezclas de estos sistemas se pueden utilizar para conectar la turbina al generador. En modos de realización adicionales, el regenerador puede ser integral con la turbina.

60 La relación del área (A1) de sección trasversal de la cámara 16 de mezclado con respecto al área (A2) de sección trasversal del extremo aguas abajo del tubo 22 influye al rendimiento del venturi. La relación de A1:A2 se selecciona para optimizar el flujo secundario a través del tubo y maximizar el rendimiento del aparato. El área (A1) de sección trasversal de la cámara 16 de mezclado y el área (A3) de sección trasversal de la entrada de la sección 14 convergente también influye al rendimiento del venturi y se selecciona para optimizar el flujo secundario a través del tubo y para maximizar el rendimiento del aparato.

65 Tal y como se muestra en la figura 9 en un modo de realización, la entrada de la sección 14 convergente y la salida de la sección 20 difusora pueden tener una sección trasversal sustancialmente rectangular. La sección 14 convergente y la sección 20 difusora pueden estrecharse hacia la cámara 16 de mezclado que tiene una sección

5 transversal sustancialmente circular. En configuraciones alternativas, el dispositivo puede tener una sección transversal sustancialmente circular de diámetro variable a lo largo de su longitud. Tal y como se muestra en la figura 10, la entrada de la sección 14 convergente, la salida de la sección 20 difusora y la cámara 16 de mezclado todas ellas tienen una sección transversal sustancialmente circular. También se contemplan otras formas de sección transversal y combinaciones de formas para la entrada de la sección convergente y la salida de las secciones difusoras tales como secciones transversales ovales y/o rectangulares en donde las esquinas internas son redondeadas.

10 La relación del área de sección transversal de la entrada de la sección convergente con respecto al área de sección transversal de la salida de la sección difusora se selecciona para optimizar el rendimiento del dispositivo. En un modo de realización, estas dos áreas son sustancialmente iguales. La relación se selecciona de manera que las condiciones de flujo aguas abajo del dispositivo se han impactadas de forma mínima por la instalación del dispositivo y las condiciones de flujo en la salida del dispositivo reproduzcan de forma efectiva las condiciones ambientales que prevalecen en el cuerpo de agua antes de la instalación de los dispositivos.

15 En un modo de realización, una pantalla (no mostrada) es ubicada a través de la entrada del tubo. La pantalla tiene aberturas para permitir al agua seguir pasando a través del tubo. La pantalla puede ser cualquier pantalla adecuada que siga permitiendo pasar al flujo secundario a través del tubo. En un modo de realización de la pantalla es una pantalla de peces.

20 Con referencia las figuras 11 y 12, un aparato 110 para generar electricidad comprende un conjunto de módulos de venturi, cada uno que tiene una sección 112 convergente, una cámara 114 de mezclado y una sección difusora divergente. En cada módulo la sección convergente se estrecha hacia la cámara de mezclado de tal manera que se define un venturi en la región del límite de la sección convergente y la cámara de mezclado. Una sección difusora se extiende desde la salida de la sección difusora.

25 Un tubo 116 que tiene una única entrada está ubicado a lo largo de al menos parte de la longitud de cada sección 112 convergente y se extiende aguas arriba en el flujo primario una distancia adecuada. Los pasajes del primer flujo para el flujo 124 primario se definen dentro del aparato entre la parte del tubo 116 ubicada dentro de la sección convergente y las paredes de las secciones 112 convergentes.

30 El tubo 116 comprende una pluralidad de tubos 118a, 118b, 118c de salida que se unen en un distribuidor 120 que se conecta a una sección 122 de entrada única del tubo. El tubo define una segunda trayectoria de flujo para el flujo 126 secundario. La entrada del tubo está ubicada aguas arriba de los módulos de manera que la entrada está expuesta a la carga estática aguas arriba y el tubo proporciona una trayectoria de flujo entre la carga estática alta aguas arriba y la carga estática baja en el venturi. Se puede ubicar una pantalla perforada (no mostrada) a través de la entrada de la sección 122 de entrada.

35 La turbina 128 está ubicada en la sección de entrada del tubo en una región común de la segunda trayectoria de flujo, antes de que el tubo se divida para formar tubos de salida separados para dirigir el flujo 126 secundario a cada sección 112 convergente.

40 Un flujo 126 secundario combinado es inducido a través del tubo 116 y la turbina 128 única mediante las zonas de baja presión en los venturis. El tubo puede comprender una región 130 difusora entre la turbina y el distribuidor.

45 La posición en la que los tubos 118a, 118b, 118c de salida se doblan y se unen está situada lo suficientemente lejos aguas arriba para no molestar al patrón de flujo 124 primario que entra en cada sección 112 convergente. La unión de cada tubo 118a, 118b, 118c con el flujo secundario combinado dentro del flujo distribuidor es perfilado para ser suave, limitando la turbulencia inducida en cualquier doblado afilado o borde interno.

50 Donde una turbina 128 única que sirve a un grupo de dispositivos individuales de esta manera está suficientemente alejada de los dispositivos de venturi, el área de sección transversal del distribuidor 130 está preferiblemente configurada para ser más grande que la de la turbina 116 por tanto limitando la velocidad de flujo en el distribuidor 130 y por tanto limitando las pérdidas de energía cinética correspondientes que podrían de otro modo ocurrir.

55 Instalando varios módulos juntos en un único curso de agua, se permite a los módulos ser combinados entre sí en grupos con un sistema de tuberías comunes de tal manera que el flujo secundario inducido de varios tubos de salida en la sección convergente múltiple se combina entre sí y ese flujo combinado es conducido a través de la turbina única de una capacidad más grande que la turbina que podría de otro modo ser instalada en cada tubo separado, dentro de la sección convergente.

60 Combinando los flujos secundarios se pueden emplear menos turbinas y generadores pero más grandes que de otro modo se podrían necesitar. Esto puede llevar a una complejidad menor y a una rentabilidad mejorada.

65 La barrera 10 puede comprender un aparato único para generar energía a partir de flujo del agua. En configuraciones adicionales del sistema se puede conectar un conjunto de aparatos 12 a la barrera. De forma

preferible, los aparatos están ubicados en la base de la barrera. Sin embargo, en otras configuraciones, los aparatos pueden estar ubicados a diferentes alturas de la barrera.

5 El aparato está ubicado en un cuerpo de agua para generar electricidad a partir del flujo de agua. Los aparatos 12 están conectados a la barrera 10 de tal manera que al menos una porción de la barrera se extiende sustancialmente de forma perpendicular por encima de los aparatos y por encima del nivel del agua, de manera que la diferencia de carga se crea entre los lados aguas arriba y aguas abajo de la barrera, cuando se instala a través de un grupo de agua. Cuando los aparatos están ubicados en la base de la barrera la mayoría de la altura de la barrera se extenderá por encima de los aparatos.

10 Los aparatos pueden extenderse transversalmente a través de la presa. Dependiendo de la anchura de la barrera el aparato puede estar englobado dentro de la barrera o extenderse fuera de los lados aguas arriba y/o aguas abajo de la barrera.

15 En una configuración al menos la sección convergente, la sección divergente y la cámara de mezclado están ubicadas dentro de la barrera. La entrada de la sección convergente es sustancialmente en línea con el lado aguas arriba de la barrera y la salida de la sección divergente está sustancialmente en línea con el lado aguas abajo de la barrera.

20 En otra configuración, los aparatos pueden extenderse aguas abajo de la barrera, de manera que la entrada de la sección convergente esté sustancialmente en línea con el lado aguas arriba de la barrera, mientras que la salida de la sección divergente se extiende más allá de la anchura de la barrera.

25 La barrera puede estar instalada para minimizar el flujo de baipás alrededor de la estructura. En un modo de realización, la barrera está instalada en el lecho del flujo de la corriente, río o marea y a través de toda la anchura del flujo de la corriente, río o marea para minimizar el flujo de baipás.

30 Aunque el dispositivo es descrito con referencia a ser parte de un sistema de barrera en un cuerpo de agua para generar energía a partir de un flujo de fluido. El dispositivo también se puede utilizar en otras aplicaciones para generar la electricidad en las que hay un flujo de carga baja de alto volumen.

35 A la vista de estas y otras variantes dentro del concepto inventivo, debería hacerse referencia a las reivindicaciones adjuntas. Se pueden realizar otros cambios dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, las características descritas adicionalmente para el aparato que comprenden la sección convergente única también se pueden incorporar en el aparato que comprende módulos de venturi múltiples. Aunque el aparato con módulos de venturi múltiples se ejemplifica con cuatro tubos de venturi, más o menos módulos se pueden incluir en el aparato, por ejemplo, pueden estar presentes dos o más módulos de venturi.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (12) para generar electricidad a partir de un flujo de agua que comprende:

- 5 - una sección (14) convergente conectada a un primer extremo de una cámara (16) de mezclado que define una entrada a la cámara de mezcla de tal manera que se define un venturi (18) entre el extremo de la sección (14) convergente y la cámara (16) de mezclado;
- 10 - una sección (20) difusora conectada a un segundo extremo de la cámara (16) de mezclado que define una salida de la cámara de mezclado, el difusor configurado de tal manera que durante el uso la presión en la salida del difusor (20) es mayor que la presión en el venturi (18);
- 15 - al menos parte de un tubo (22) ubicado en la sección (14) convergente, de tal manera que un anillo (24) se define entre el tubo (22) y la sección (14) convergente, para formar un primer pasaje de flujo para un flujo primario, y el tubo (22) que define un segundo pasaje de flujo dentro del tubo para un flujo secundario; y
- 20 - una turbina (26) que se puede conectar a un generador; en donde la turbina está ubicada dentro del tubo (22) caracterizado porque el aparato está configurado de tal manera que durante el uso el flujo primario se mezcla con el flujo secundario en la cámara de mezclado para formar un flujo mezclado el cual puede entrar en la sección difusora.

2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 que además comprende una pantalla ubicada a través de la abertura del tubo (22).

25 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 en donde el tubo (22) es móvil con respecto a la sección (14) convergente y a la cámara (16) de mezclado.

30 4. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el tubo está conectado a la superficie interior de la sección (14) convergente mediante brazos (36) de soporte.

5. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el tubo está soportado dentro de un buje (42).

35 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5 en donde el buje (42) comprende un mecanismo de movimiento para mover axialmente el tubo (22).

7. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el extremo aguas arriba del tubo (22) está ubicado dentro de la sección (14) convergente o aguas arriba de la entrada de la sección (14) convergente.

40 8. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende un conjunto de palas (38) de soporte radiales dentro del tubo (22), en donde el conjunto de palas de soporte radiales están ubicadas aguas abajo de la turbina y/o aguas arriba de la turbina.

45 9. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo tiene una región convergente en su extremo aguas arriba o una región divergente en su extremo aguas abajo.

10. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el tubo tiene un diámetro sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud.

50 11. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde la sección (20) difusora, la sección (14) convergente y/o la cámara (16) de mezclado tienen una sección transversal sustancialmente circular.

55 12. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cámara (16) de mezclado converge en la dirección aguas abajo o en donde la cámara de mezclado diverge la dirección aguas abajo.

13. Un aparato (110) para generar electricidad a partir de un flujo de agua, que comprende:

- una pluralidad de tubos de venturi, cada tubo de venturi que comprende:

60 - una sección (112) convergente, cada sección (112) convergente conectada a un primer extremo de una cámara (114) de mezclado que define una entrada a la cámara de mezclado, de manera que se define un venturi entre el extremo de la sección (112) convergente y de la cámara (114) de mezclado; y una

65 - sección difusora, cada sección difusora conectada a segundo extremo de una de las cámaras de mezclado que define una salida a la cámara de mezclado, el difusor configurado de manera que durante el uso de la presión en la salida del difusor es mayor que la presión en el venturi;

el aparato que además comprende:

- 5 - un tubo (116) que comprende un tubo (122) de entrada, un distribuidor (120) y una pluralidad de tubos (118) de salida que se extienden desde el distribuidor, en donde al menos parte de uno de los tubos (118) de salida está ubicada en una de las secciones (112) convergente, de manera que se define un anillo entre el tubo de salida y la sección convergente, para formar un primer pasaje de flujo para un flujo primario, y el tubo que define un segundo pasaje de flujo para un flujo secundario dentro del tubo; y
- 10 - una turbina (128) que se puede conectar a un generador en donde la turbina está ubicada dentro del tubo (116), caracterizado porque durante el uso el flujo primario se mezcla con el flujo secundario en las cámaras de mezclado para formar un flujo mezclado que puede entrar en las secciones difusoras.
14. Un sistema para generar electricidad a partir de un flujo de agua que comprende:
- 15 - una barrera (10) para ubicarse a través de un cuerpo de agua que fluye; y provista de
- al menos un aparato (12, 110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde el aparato (12, 110) está situado de tal manera que durante el uso proporciona una trayectoria de flujo desde el lado aguas arriba de la barrera al lado aguas abajo de la barrera (10).
- 20
15. Un método de generación de electricidad a partir de un flujo de agua, que comprende:
- 25 - instalar un sistema como el reivindicado en la reivindicación 14 o un aparato como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 a través de un cuerpo de agua para proporcionar una acumulación de agua, de manera que se crea una diferencia de carga entre los lados aguas arriba y aguas abajo de la barrera; y
- utilizar un flujo de agua a través del aparato para rotar la turbina.

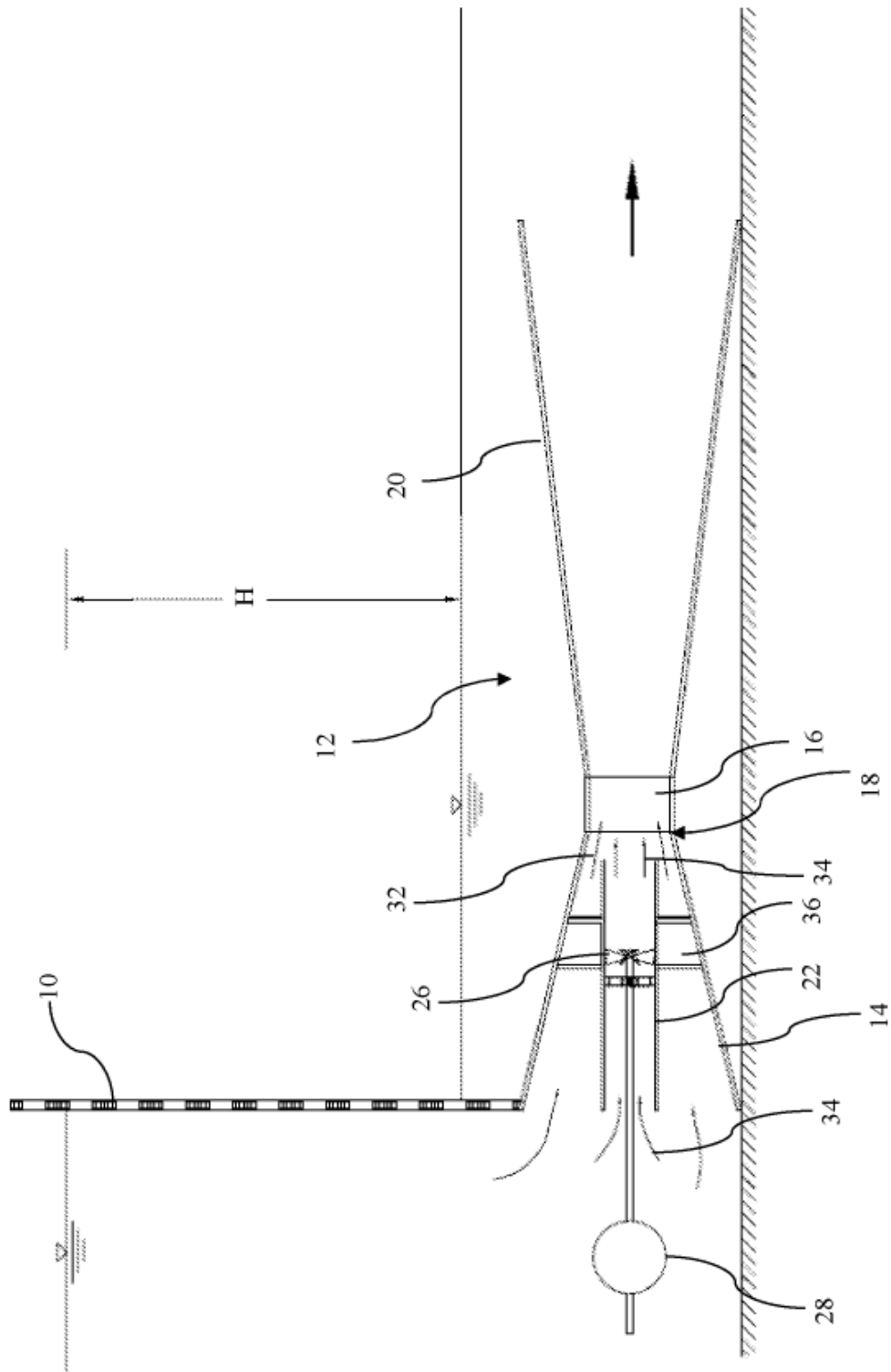


Figura 1

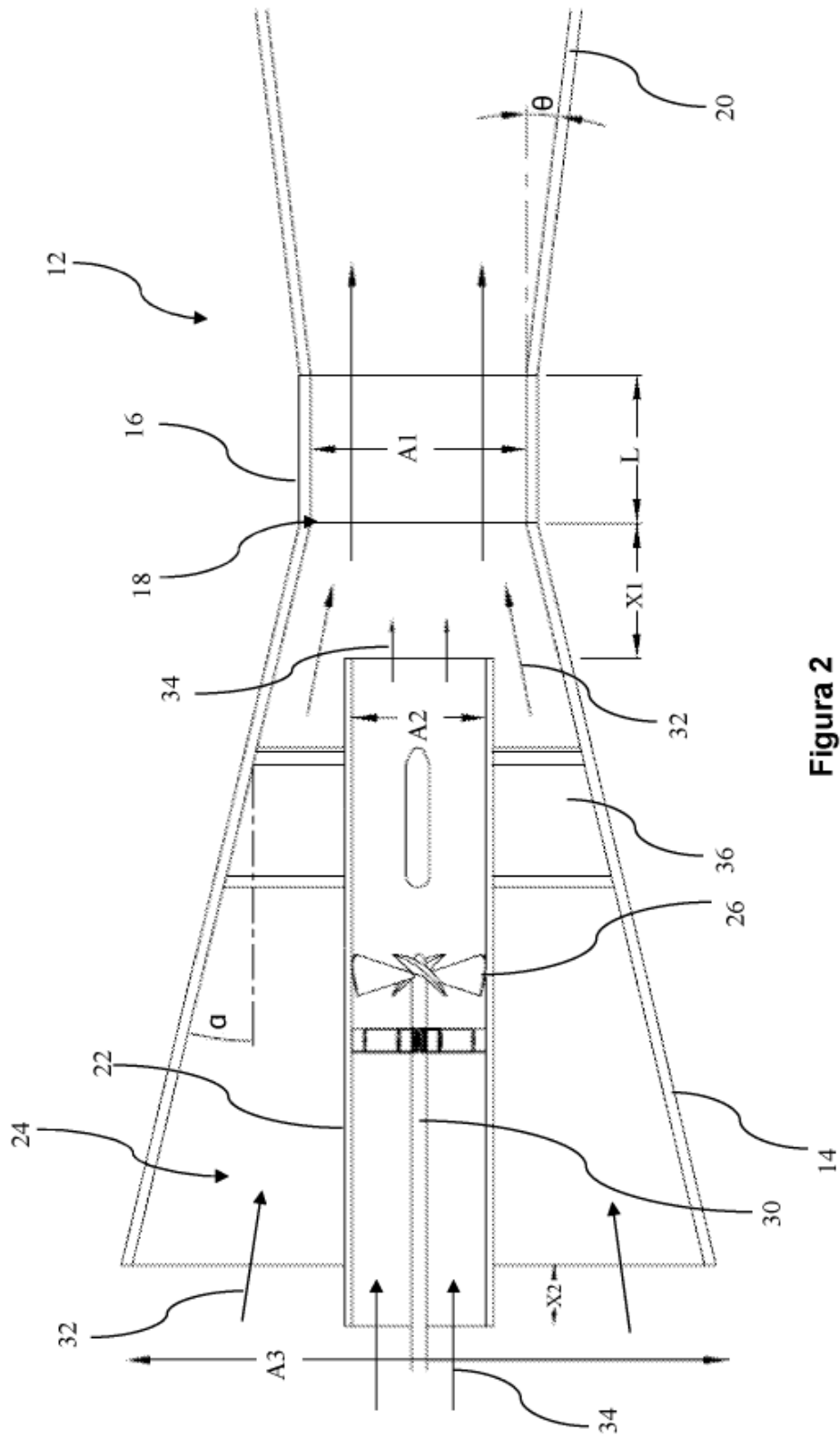
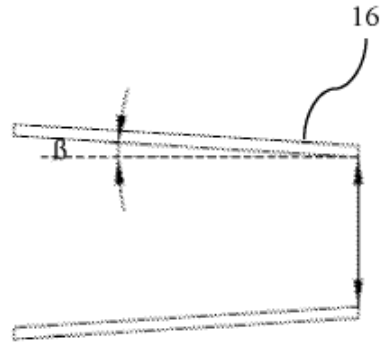
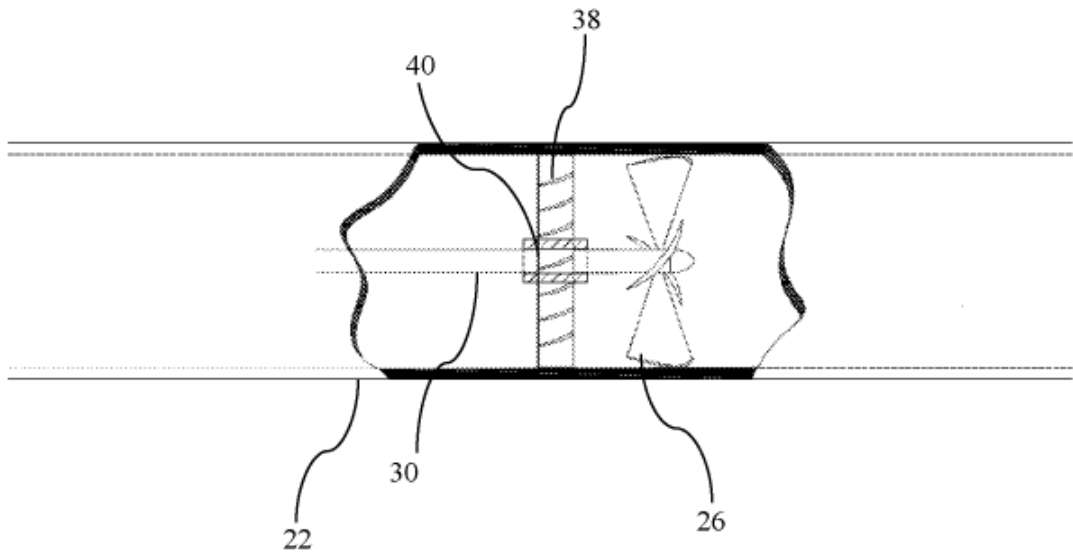


Figura 2

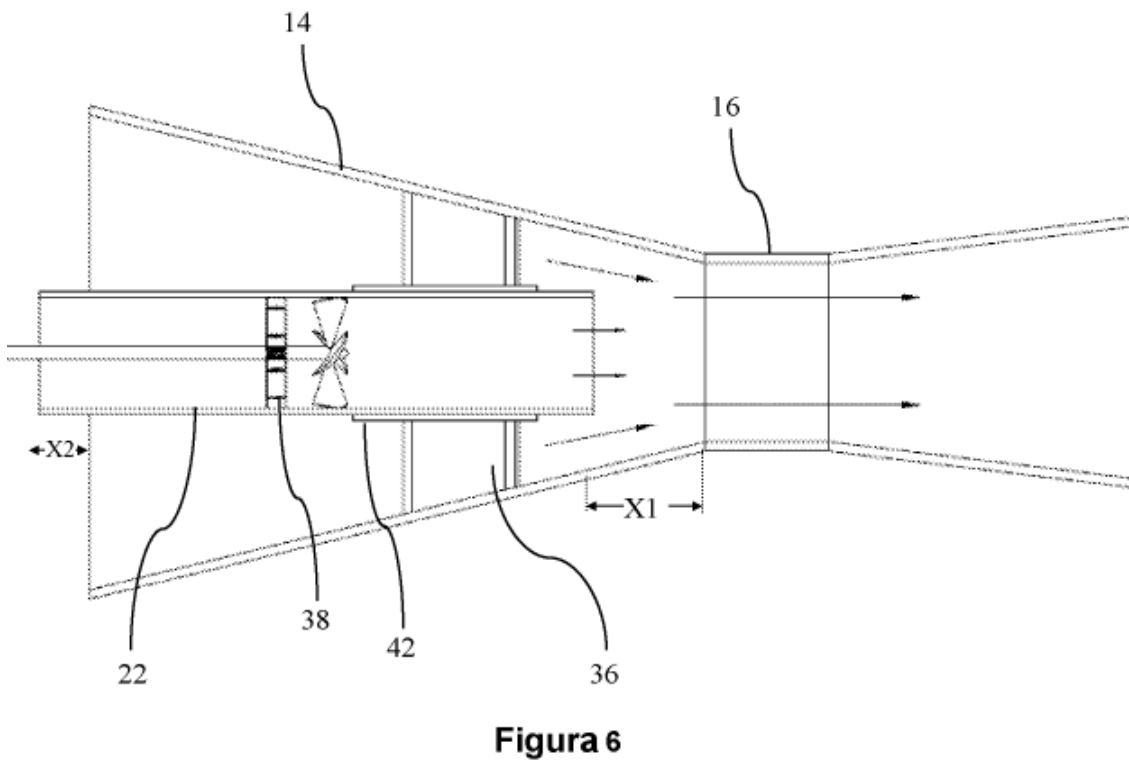
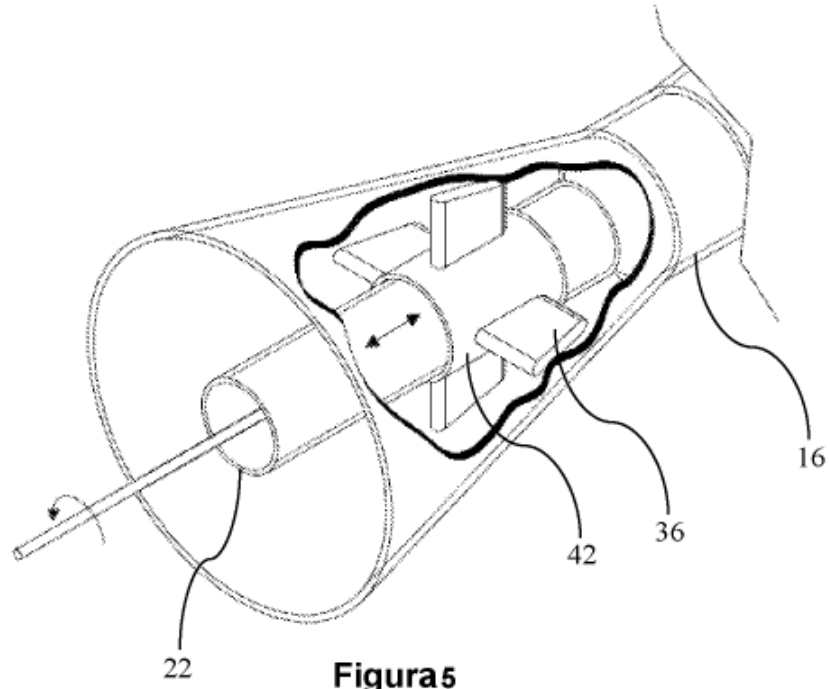


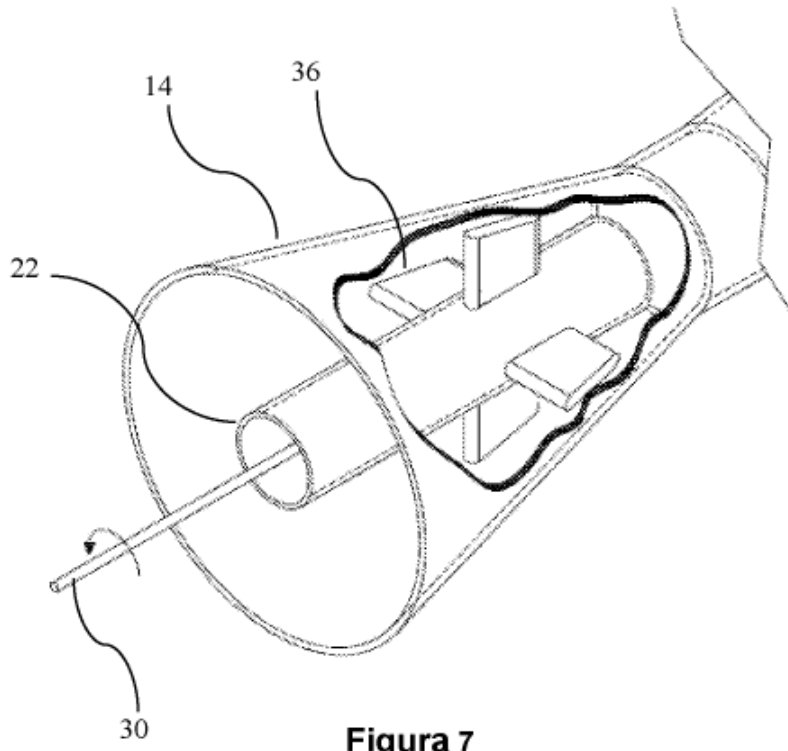
**Figura 3**



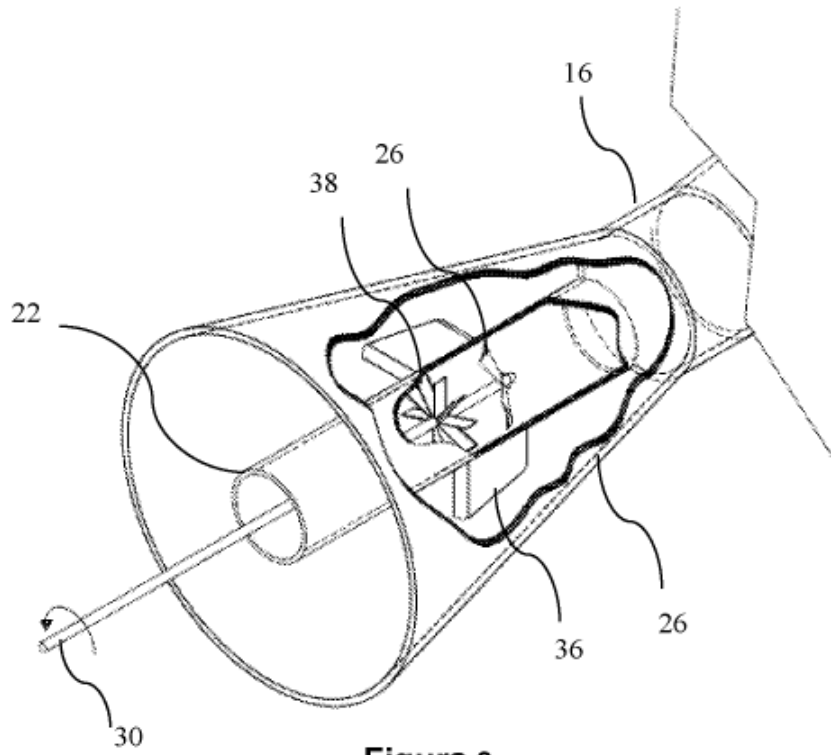
**Figura 4**



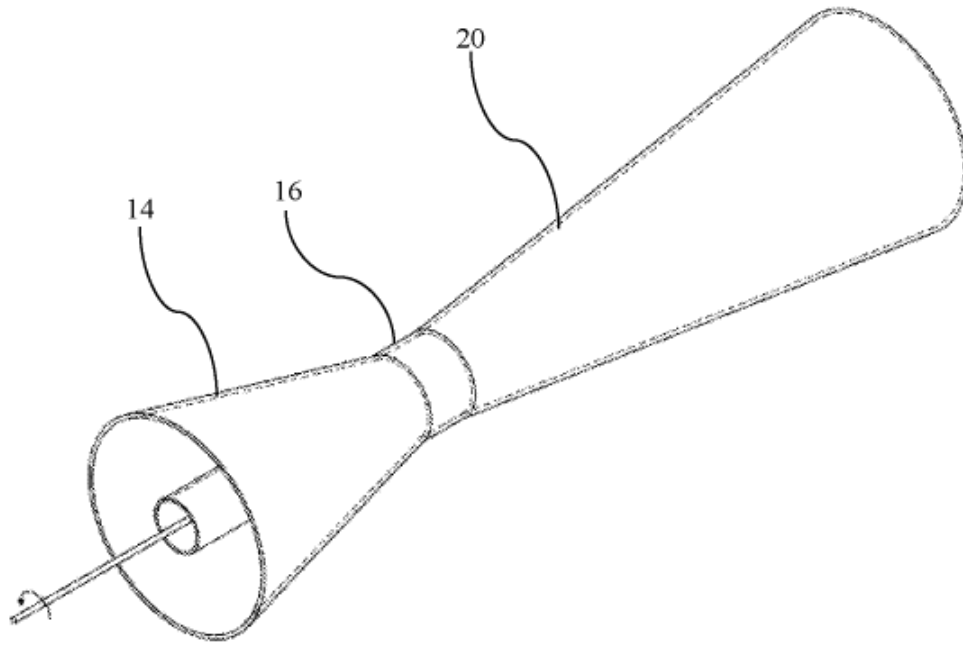




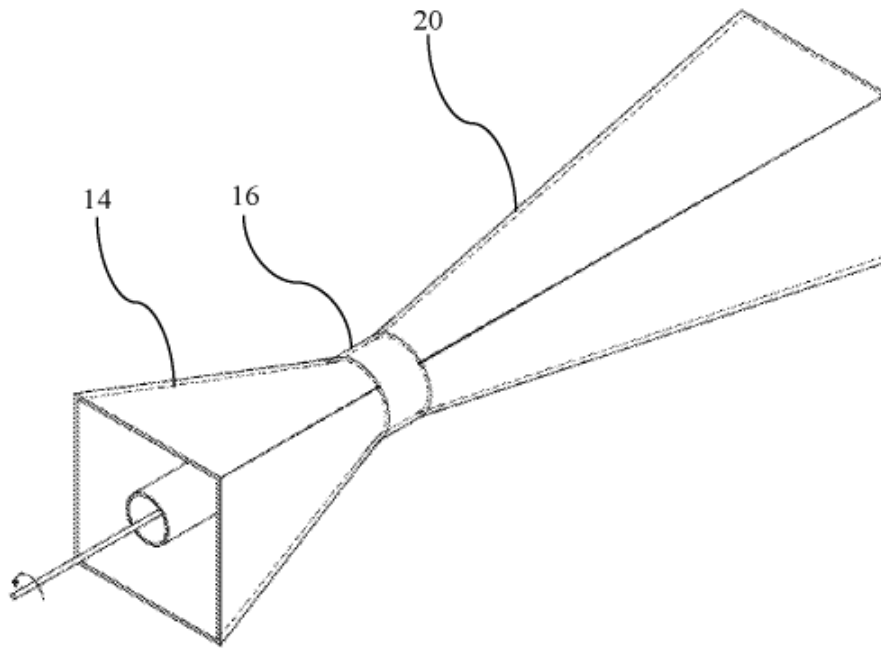
**Figura 7**



**Figura 8**



**Figura 9**



**Figura 10**

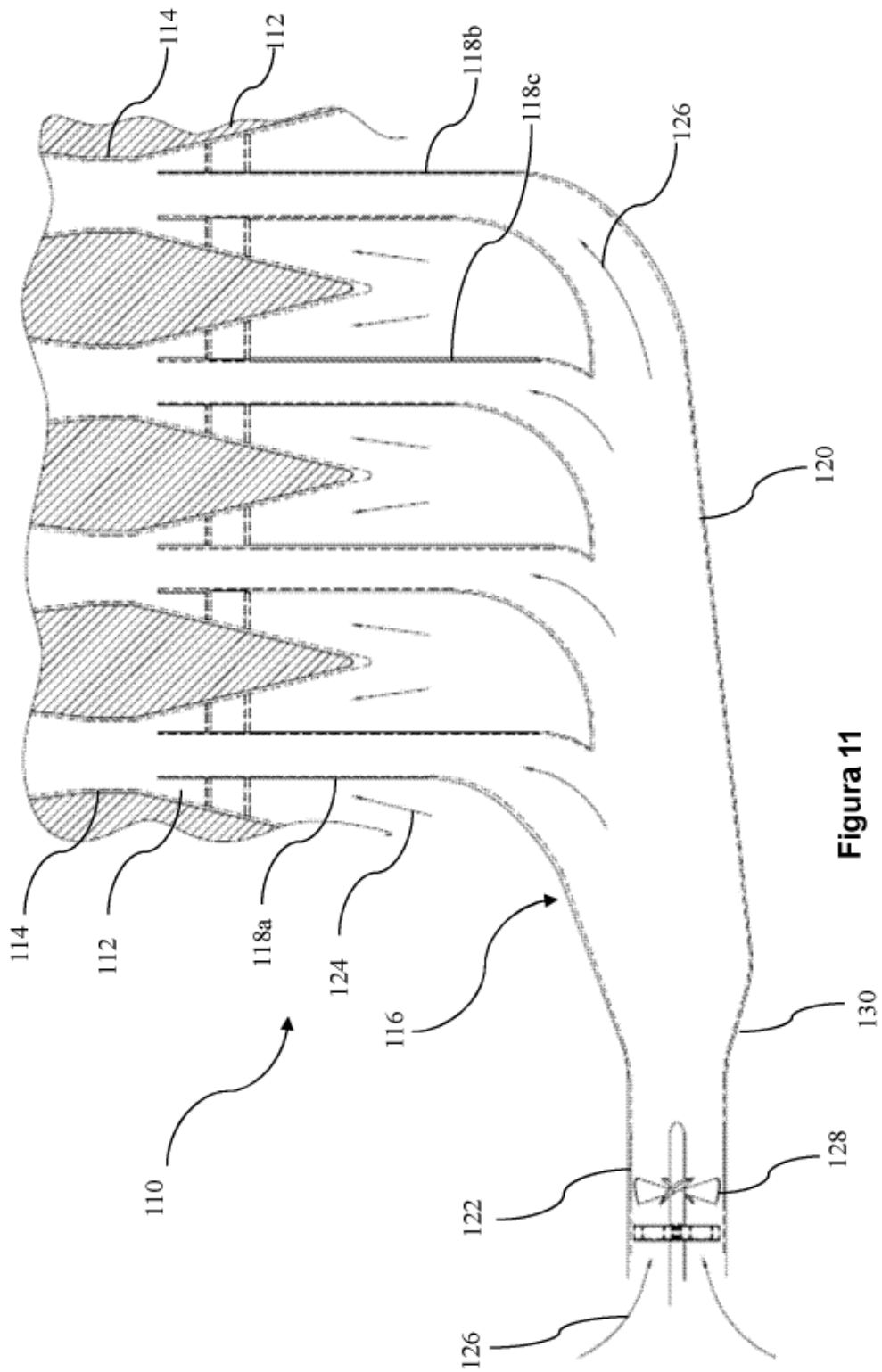


Figure 11

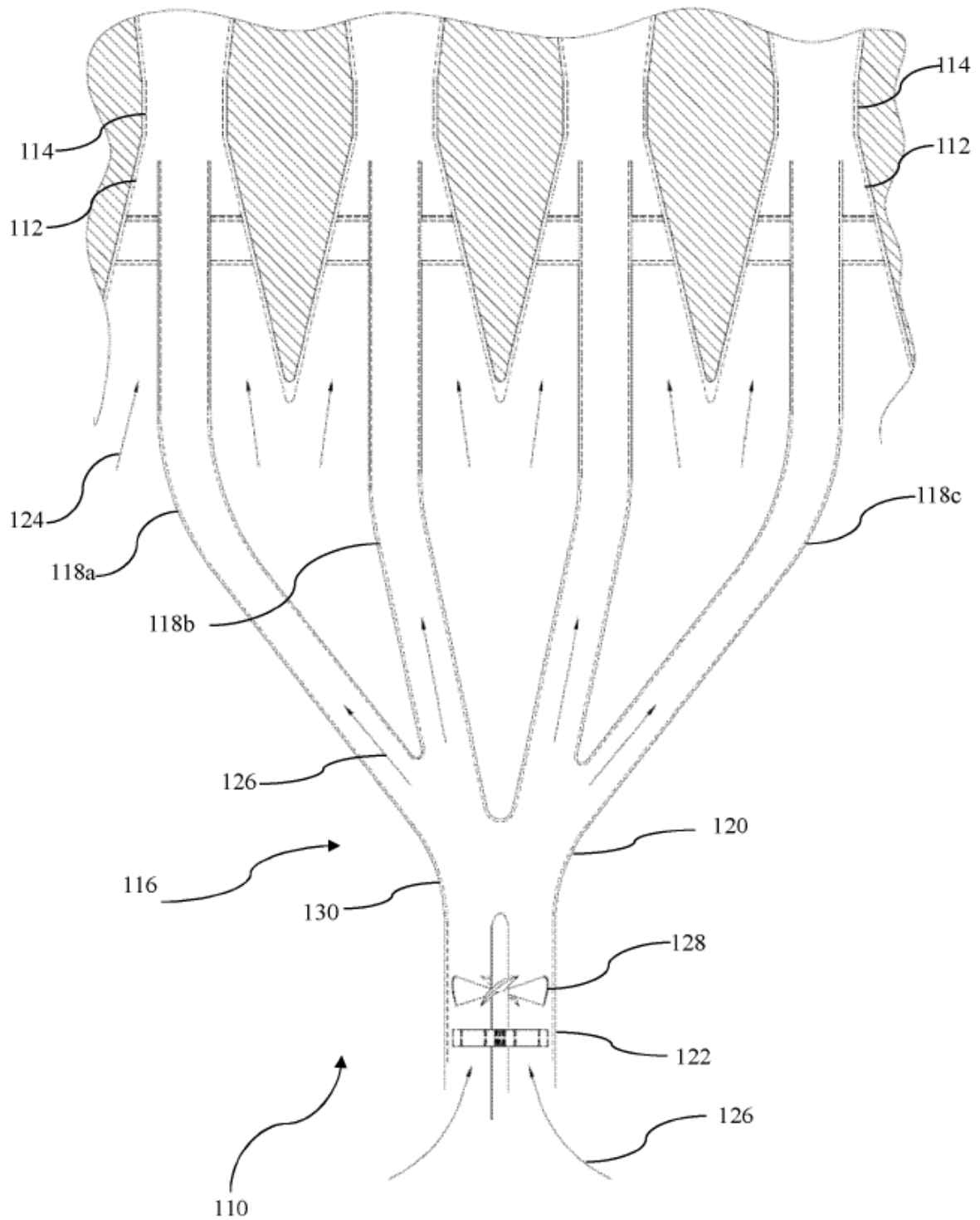


Figura 12