

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 207**

51 Int. Cl.:

**F03B 3/12** (2006.01)

**F03B 13/18** (2006.01)

**F03B 13/22** (2006.01)

**F03B 13/26** (2006.01)

**F03B 17/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2013 PCT/FR2013/000012**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13104847**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2013 E 13706577 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 2802768**

54 Título: **Pala de turbina submarina y turbina submarina que comprende al menos dicha pala**

30 Prioridad:

**13.01.2012 FR 1200107**

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

**22.03.2019**

73 Titular/es:

**SABELLA (100.0%)  
11 Rue Félix Le Dantec, Espace 3 Rivières -  
Créac'h Gwen  
29000 Quimper, FR**

72 Inventor/es:

**DAVIAU, JEAN-FRANÇOIS y  
GUERRIER, ALAIN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 705 207 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

Pala de turbina submarina y turbina submarina que comprende al menos dicha pala

### Ámbito técnico y estado de la técnica

5 La presente invención se refiere al ámbito de las turbinas submarinas destinadas a explotar la energía de las corrientes marinas. De modo más particular, la presente invención concierne a las palas de turbina submarina.

Clásicamente, las turbinas submarinas son máquinas submarinas que utilizan las corrientes de marea. La tecnología de turbina submarina es totalmente sumergida y se reposa sobre el fondo marino o de estuario.

10 Generalmente, las turbinas submarinas comprenden palas conectadas por una correa circular que une los extremos de las palas. El funcionamiento de una turbina submarina en una corriente de marea necesita una optimización de la pala en las dos direcciones de la corriente de agua. Así pues, el cuerpo de las palas de turbina submarina es simétrico. Conviene interpretar el término simétrico por el hecho de tener un borde de ataque y un borde de fuga de la misma forma.

15 El documento EP0082378 describe una pala de turbina submarina que comprende un cuerpo de pala. El cuerpo de pala contiene un borde de ataque, un borde de fuga, un intradós definido por un primer flanco entre el borde de ataque y el borde de fuga y un extradós definido por un segundo flanco entre el borde de ataque y el borde de fuga. El cuerpo de pala comprende una aleta que recubre una parte del segundo extremo del cuerpo de pala.

20 Por ejemplo, el documento EP 2 112 370 muestra una turbina submarina con palas unidas por una correa. La correa permite mejorar la eficacia hidrodinámica al guiar el flujo de la corriente hacia las palas de turbina submarina. El inconveniente de este dispositivo es tener un aumento de los fenómenos nefastos debidos, por ejemplo, a las olas a nivel de la conexión entre los extremos de las palas y de la correa. En efecto, la correa aumenta los fenómenos cíclicos debidos a las olas que afectan a la duración de su vida de servicio y al buen funcionamiento de la turbina submarina.

El objetivo de la presente invención es paliar estos inconvenientes y proponer un dispositivo que permita asegurar una mejor calidad del flujo en el sector de las puntas de pala a fin de asegurar una mejor contribución al par hidrodinámico.

### Descripción de la invención

25 La invención propone una pala de turbina submarina que comprende un cuerpo de pala de turbina submarina, el citado cuerpo de pala es simétrico y contiene un borde de ataque y un borde de fuga, un intradós definido por un primer flanco entre el borde de ataque y el borde de fuga y un extradós definido por un segundo flanco entre el borde de ataque y el borde de fuga, el citado cuerpo de pala comprende un primer extremo previsto para ser fijado a un cubo de turbina submarina, caracterizada por que la misma comprende además una aleta que recubre al menos una parte del segundo extremo del cuerpo de pala según la reivindicación 1.

30 Las aletas limitan los remolinos de turbulencia en las puntas de pala y mejoran la eficacia hidrodinámica de la turbina submarina. En efecto, las mismas mejoran la eficacia global entre el 1 y el 2% en el intervalo de funcionamiento comparado con sistemas con correa. Las aletas por tanto optimizan las prestaciones hidrodinámicas de la turbina submarina.

35 Además, los costes de fabricación son reducidos porque hay menos elementos que deben ser ensamblados.

La aleta puede recubrir parcialmente el extremo de la pala de modo que se reduzca el peso de la pala.

Según una variante de la invención, la totalidad del segundo extremo del cuerpo de pala está recubierto por la aleta.

De este modo, la aleta corresponde a la totalidad del extremo de la pala y no hay discontinuidad del flujo.

40 Según otra variante de la invención, la aleta sobresale del primer flanco de la pala y/o del segundo flanco del cuerpo de pala.

Preferentemente, la aleta es simétrica con respecto al plano horizontal.

Gracias a esta simetría, se tiene la misma eficacia en las dos direcciones de rotación.

Se entiende por las expresiones:

45 - « plano horizontal » definido según el sentido habitual en el sistema de referencia terrestre, el plano horizontal es sensiblemente igual al plano longitudinal del cuerpo de pala;

- « plano vertical » definido según la perpendicular al plano horizontal y la perpendicular al eje longitudinal de la aleta,

- « plano longitudinal » definido según la perpendicular al plano horizontal y que pasa por el eje longitudinal de la aleta.

5 Igualmente según una variante de la invención, la aleta tiene una forma de un elipsoide aplanado cuyo centro pasa por el eje longitudinal del cuerpo de pala, el citado elipsoide tiene una longitud según el eje longitudinal de la aleta, una anchura y un grosor según el eje longitudinal del cuerpo de pala.

La longitud, la anchura y el grosor son parámetros estrictamente positivos que corresponden a las longitudes de los semiejes del objeto.

La forma de un elipsoide permite evitar bordes afilados y permite asegurar la eficacia hidrodinámica sin tener limitaciones de fabricación de la aleta con el cuerpo de pala.

10 Según un modo de realización, la anchura de la aleta es según el eje vertical de la aleta. El plano vertical y el plano longitudinal de la aleta son secantes según el eje vertical.

Según otro modo de realización, la aleta según el plano horizontal tiene una forma abombada hacia el exterior del cuerpo de pala.

15 De esta manera, la forma abombada de la aleta permite seguir el flujo local, como un arco de círculo cuyo centro es el rotor.

Según otra variante de la invención, la longitud de la aleta es un factor de 0,1 a 0,3 veces la semilongitud de cuerda del perfil de la pala y el eje longitudinal de la aleta, es llevado por el plano horizontal del cuerpo de pala.

Igualmente, según una variante de la invención, la anchura de la aleta es un factor de 1,5 a 2,5 veces la semianchura del eje pequeño de la pala.

20 Según otra variante de la invención, el grosor de la aleta es un factor de 0,1 a 0,8 veces la semianchura del eje pequeño del perfil de la pala.

Estas dimensiones han sido elegidas como compromiso entre la eficacia hidrodinámica, la resistencia de la estructura y las limitaciones de producción.

25 Según una variante de la invención, la turbina submarina destaca por que la misma comprende al menos una pala de turbina submarina.

### **Breve descripción de las figuras**

Oras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a la luz de la descripción que sigue, realizada sobre la base de los dibujos anejos. Estos ejemplos se dan de modo no limitativo. La descripción debe leerse en relación con los dibujos anejos, en los cuales:

- 30
- la figura 1 representa una vista de frente de una ilustración de turbina submarina que comprende un rotor de las palas de turbina submarina según la invención,
  - la figura 2 representa una vista en perspectiva de un cuerpo de pala,
  - la figura 3 representa una vista radial de una aleta,
  - la figura 4 representa un agrandamiento de una vista de frente del extremo de un cuerpo de pala.

### **35 Descripción de modos de realización de la invención**

La figura 1 representa una turbina submarina que comprende una pala de turbina submarina 1 que comprende un cuerpo de pala 2 de turbina submarina.

40 El cuerpo de pala 2 comprende un primer extremo 21 previsto para ser fijado a un cubo 3 de la turbina submarina. Este cubo 3 corresponde al rotor de la turbina submarina. En este ejemplo, la longitud del rotor es de 10 metros y tiene un radio de 2 metros. El cuerpo de pala 2 comprende igualmente una aleta 4 situada al menos en una parte del segundo extremo 22 del cuerpo de pala 2. La aleta 4 de la figura 1 recubre íntegramente el segundo extremo 22 del cuerpo de pala 2.

La figura 2 representa el plano horizontal PH, el plano vertical PV y el plano longitudinal PL. El centro 41 de la aleta 4 está situado en el eje longitudinal del cuerpo de pala 2.

45 La figura 3 representa una vista radial de la aleta 4. La aleta 4 tiene una forma de un elipsoide aplanado cuyo centro pasa por el eje longitudinal A1 del cuerpo de pala 2. El elipsoide tiene una longitud A según el eje longitudinal de la

## ES 2 705 207 T3

aleta 4, una anchura B y un grosor E según el eje longitudinal del cuerpo de pala 2. La anchura (B) es según el eje vertical de la aleta 4, el citado eje vertical es el eje secante entre el plano vertical y el plano longitudinal de la aleta 4.

En una variante de realización no representada:

- la aleta 4 puede tener una forma de una almendra, de una elipse...

5 - el plano medio del cuerpo de pala está inclinado con respecto al plano longitudinal de la aleta 4 según un ángulo diedro del orden de 20° a 90°, preferentemente de 60° a 80°. En este caso la longitud B es llevada por el plano longitudinal de la aleta 4. El plano medio del cuerpo de pala 2 pasa por el eje longitudinal del cuerpo de pala 2 y pasa por al menos un punto de la cuerda del perfil del cuerpo de pala 2. Por ejemplo, el plano medio corresponde sensiblemente al plano horizontal del cuerpo de pala 2.

10 En el ejemplo representado en la figura 3, la longitud A de la aleta 4 es de 1680 mm. La longitud de la cuerda del cuerpo de pala 2 es de 1400 mm. Preferentemente, la longitud A es un factor de 0,1 a 0,3 de la longitud de cuerda del perfil de la pala. La anchura B de la aleta 4 es de 400 mm. La anchura del eje pequeño del perfil es de 200 mm, correspondiente igualmente al grosor. Preferentemente, la anchura B es un factor de 1,5 a 2,5 la anchura del eje pequeño del perfil de la pala.

15 En este caso, la parte que sobresale del primer flanco del cuerpo de pala 2 es simétrica de la parte que sobresale del segundo flanco de cuerpo de pala 2.

La figura 4 representa un agrandamiento de una vista de frente del extremo 22 del cuerpo de pala 2. La aleta 4 es de forma abombada hacia el exterior del cuerpo de pala 2. En este ejemplo, el grosor de la aleta 4 es de 60 mm. Preferentemente, el grosor E de la aleta 4 es un factor de 0,1 a 0,8 veces la semianchura del eje pequeño del perfil de la pala, preferentemente de 0,2 a 0,5.

20 Se va a ver el interés de la adición de la aleta 4 comparando las prestaciones de una turbina submarina con y sin aleta 4.

Las características de una turbina pueden ser expresadas en forma de coeficientes adimensionales. La noción de velocidad de corriente aguas arriba y de velocidad de rotación está incluida en el parámetro de avance J. las características de la turbina submarina tales como el par producido Q y la resistencia aerodinámica T pueden ser expresadas en forma de coeficientes adimensionales, respectivamente de par  $K_Q$  y de empuje  $K_T$ .

25

$$\text{Sea } K_T = \frac{T}{\rho \eta^2 D^4}; K_Q = \frac{Q}{\rho \eta^2 D^5}; J = \frac{V}{\eta D}$$

Y el rendimiento hidrodinámico está definido por:

$$30 \quad \eta = \frac{\text{potencia mecánica}}{\text{potencia hidráulica}} = \frac{2\pi\eta Q}{P_{\text{hidráulica}} V S_{\text{discohélice}}} = \frac{(K_Q \rho \eta^2 D^5) 2\pi\eta}{\frac{1}{2} \rho V^3 (\pi \frac{D^2}{4})} = \frac{16 K_Q}{J^3}$$

Con:

V: velocidad aguas arriba (m/s)

$\eta$ : velocidad de rotación (rps: revoluciones por segundo)

D: diámetro de la turbina submarina (D = 10 m)

35  $\rho$ : masa por unidad de volumen del fluido ( $\rho_{\text{agua de mar}} = 1025 \text{ kg / m}^3$ ,  $\rho_{\text{agua dulce}} = 1000 \text{ kg / m}^3$ )

La tabla que sigue muestra una comparación de 5 puntos de medición con y sin aleta 4 para una turbina submarina del mismo tamaño y en las mismas condiciones.

Con aleta 4			Sin aleta 4			Diferencias con y sin aleta 4	
J	$K_Q$	$\eta$	J	$K_Q$	$\eta$	$K_Q$	$\eta$ (en puntos)
2,07	0,21	37,4%	2,07	0,20	36,2%	3,3%	1,2
1,69	0,13	42,0%	1,69	0,12	40,7%	3,2%	1,3
1,43	0,08	43,8%	1,43	0,08	42,3%	3,4%	1,4
1,24	0,05	44,0%	1,24	0,05	42,4%	3,6%	1,5
1,09	0,03	42,7%	1,09	0,03	41,1%	3,9%	1,6

Esta tabla muestra que la presencia de las aletas 4 permite aumentar el rendimiento de 1,2 a 1,6 con respecto a una geometría sin aleta 4. Estos resultados muestran el interés de la aletas 4 para reducir los torbellinos en la punta de la pala y mejoran las prestaciones hidrodinámicas de la turbina submarina.

5 Según variantes del modo de realización de la invención detallada anteriormente, puede estar previsto igualmente que:

- la aleta 4 sea únicamente según un primer flanco o segundo flanco del cuerpo de pala 2,
- la aleta 4 recubra al menos una parte del otro extremo del cuerpo de pala 2.

10 En otra variante, puede considerarse, sin salirse del marco de la invención, adaptar las proporciones, las formas de la pala de turbina submarina 1 tales como las descritas anteriormente por simples disposiciones constructivas que se pondrán de manifiesto directamente y sin esfuerzo excesivo al Experto en la técnica, de modo que se las pueda utilizar en el marco de una turbina submarina; de modo más general, de un dispositivo destinado a explotar la energía de un fluido.

Nomenclatura

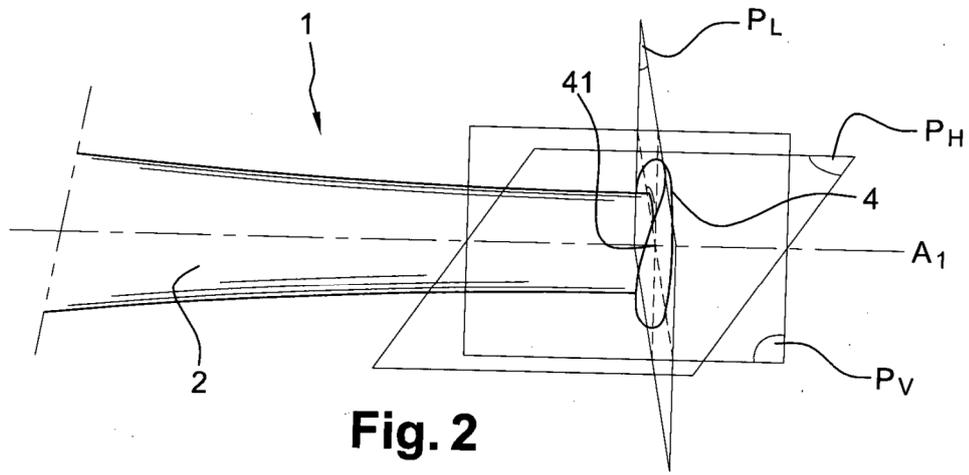
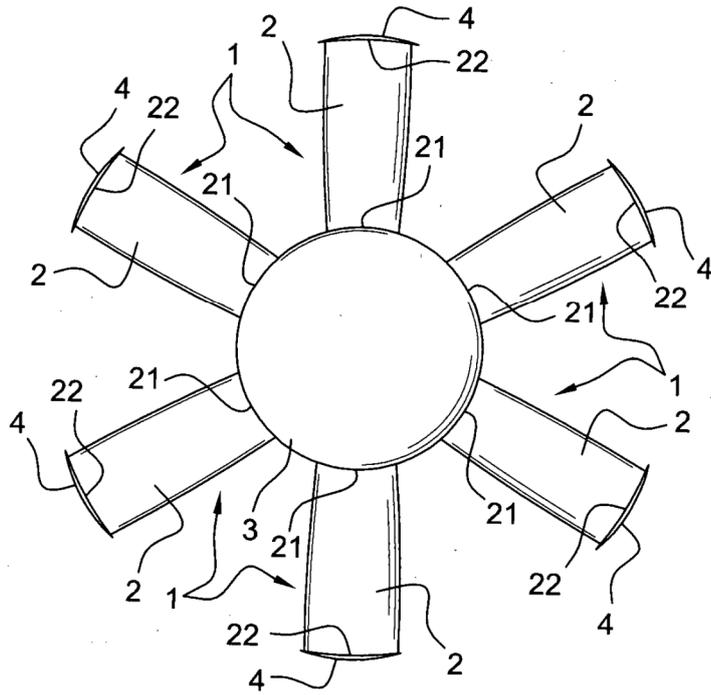
- 1 pala de turbina submarina
- 2 cuerpo de pala
  - 21 primer extremo
  - 22 segundo extremo
- 5
- 3 cubo
- 4 aleta
  - 41 centro de la aleta
- PH: plano horizontal
- 10 PV: plano vertical
- PL: plano longitudinal

**REIVINDICACIONES**

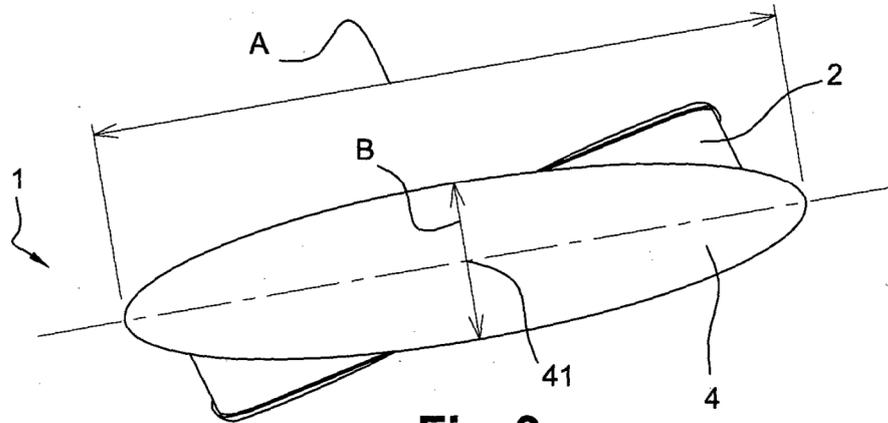
- 5 1. Pala de turbina submarina (1) que comprende un cuerpo de pala (2) de turbina submarina, el citado cuerpo de pala (2) es simétrico y contiene un borde de ataque, un borde de fuga, un intradós definido por un primer flanco entre el borde de ataque y el borde de fuga y un extradós definido por un segundo flanco entre el borde de ataque y el borde de fuga, el citado cuerpo de pala (2) comprende un primer extremo (21) previsto para ser fijado a un cubo (3) de turbina submarina, caracterizada por que la misma comprende además una aleta (4) que recubre al menos una parte del segundo extremo (22) del cuerpo de pala (2), la citada aleta (4) es simétrica con respecto al plano horizontal y tiene una forma de un elipsoide aplanado cuyo centro pasa por el eje longitudinal del cuerpo de pala (2), el citado elipsoide
- 10 tiene una longitud (A) según el eje longitudinal de la aleta (4), una anchura (B) y un grosor (E) según el eje longitudinal del cuerpo de pala (2).
2. Pala de turbina submarina (1) según la reivindicación 1, caracterizada por que la totalidad del segundo extremo (22) del cuerpo de pala (2) está recubierta por la aleta (4).
- 15 3. Pala de turbina submarina (1) según la reivindicación 2, caracterizada por que la aleta (4) sobresale del primer flanco de la pala y/o del segundo flanco del cuerpo de pala (2).
4. Pala de turbina submarina (1) según la reivindicación 1, caracterizada por que la anchura (B) de la aleta (4) es según el eje vertical de la aleta (4), el plano vertical y el plano longitudinal de la aleta (4) son secantes según el eje vertical.
- 20 5. Pala de turbina submarina (1) según la reivindicación 1, caracterizada por que la aleta (4) según el plano horizontal tiene una forma abombada hacia el exterior del cuerpo de pala (2).
6. Pala de turbina submarina (1) según la reivindicación 1, caracterizada por que la longitud (A) de la aleta (4) es un factor de 0,1 a 0,3 veces la semilongitud de cuerda del perfil de la pala y por que el eje longitudinal de la aleta (4) es llevado por el plano horizontal del cuerpo de pala (2).
- 25 7. Pala de turbina submarina (1) según una de las reivindicaciones 1 o 4, caracterizada por que la anchura (B) de la aleta (4) es un factor de 1,5 a 2,5 veces la semianchura del eje pequeño del perfil de la pala.
8. Pala de turbina submarina (1) según una de las reivindicaciones 1 o 4, caracterizada por que el grosor (E) de la aleta (4) es un factor de 0,1 a 0,8 veces la semianchura del eje pequeño del perfil de la pala.
9. Turbina submarina, caracterizada por que la misma comprende al menos una pala de turbina submarina (1) según una de las reivindicaciones precedentes.

30

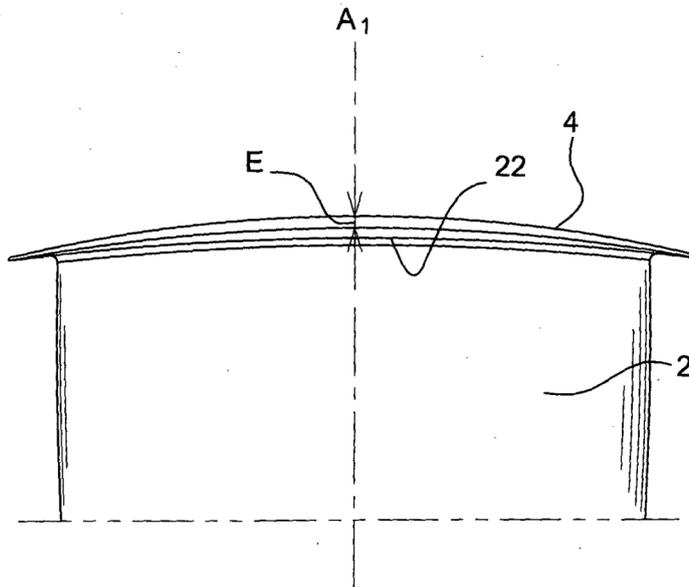
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**