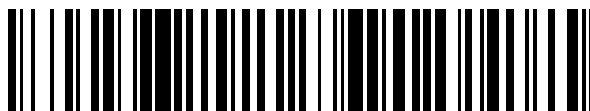


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 411**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2009** **E 09013806 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013** **EP 2182203**

54 Título: **Pala de rotor con extensión de punta de pala para una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

**03.11.2008 DE 102008054323**

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

**03.12.2013**

73 Titular/es:

**ENERGIEKONTOR AG (100.0%)  
Mary-Somerville-Strasse 5  
28359 Bremen, DE**

72 Inventor/es:

**WILKENS, BODO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 432 411 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 rotor con extensión de punta de pala para una instalación de energía eólica

5 La invención se refiere a una pala de rotor para una instalación de energía eólica, compuesta por una pala de rotor original y una extensión de punta de pala unida a esta.

10 Mediante la aplicación de extensiones de punta de pala en palas de rotor existentes se consigue de manera relativamente económica un notable incremento de rendimiento de una instalación de energía eólica existente. En caso de que en la ubicación de un parque eólico se produzcan velocidades inferiores a las pronosticadas siendo más bajas también las velocidades máximas del viento, existe la posibilidad de reducir mediante una desconexión más temprana posibles cargas máximas para compensar el aumento de las cargas por la extensión de pala sin perder mucha energía en el rango de viento fuerte.

15 Por el documento DE735404 se conoce una extensión de punta de pala para una instalación de energía eólica, cuya realización sin embargo resulta insatisfactoria a nivel técnico y aerodinámico.

20 La invención tiene el objetivo de proporcionar una pala de rotor genérica con una extensión de punta de pala, en la que exista una buena transición aerodinámica entre la pala de rotor original y la extensión de punta de pala y en la que las cargas de viento producidas en la extensión de punta de pala puedan ser transmitidas sin problemas a la pala original.

25 Según la invención, este objetivo se consigue mediante una pala de rotor para una instalación de energía eólica, compuesta por una pala de rotor original y una extensión de punta de pala unida con esta, **caracterizada por que** la extensión de punta de pala presenta dos semi-cáscaras reforzadas con fibras de vidrio que están encoladas una con otra y con una zona final de la pala de rotor original.

30 Preferentemente, está previsto que en la zona de al menos una punta de pala de la pala de rotor original esté dispuesto entre las semi-cáscaras un nervio sustancialmente de forma perpendicular con respecto a un eje longitudinal de pala.

El nervio puede estar provisto de una escotadura central para alojar la punta de pala de la pala de rotor original, que esté adaptada a la forma de la punta de pala.

35 Puede estar dispuesta al menos un alma de refuerzo que se extienda partiendo del nervio en dirección hacia la punta de pala de la extensión de punta de pala.

De manera conveniente, están dispuestas dos almas de refuerzo paralelamente una respecto a otra.

40 Cada alma de refuerzo puede presentar un núcleo de espuma y cuatro escuadras de encolado unidas con este.

Es conveniente que las almas de refuerzo estén unidas con las semi-cáscaras a través de un encolado ciego.

45 Cada semi-cáscara puede estar provista de cintas de refuerzo dispuestas en el lado exterior que se extiendan paralelamente con respecto al eje longitudinal de pala.

De manera ventajosa, está previsto que la extensión de punta de pala esté provista de un taladro de drenaje.

50 Preferentemente, está previsto además que la extensión de punta de pala esté provista de un receptor de rayos conectado a la protección contra rayos de la pala de rotor original.

Más ventajas y características de la invención resultan de la siguiente descripción de un ejemplo de realización, haciendo referencia a un dibujo en el que

55 la figura 1 muestra una vista esquemática en planta desde arriba de una zona final de una pala de rotor según la invención;

60 la figura 2 muestra en una vista conforme a la figura 1, una estructura de capas de la extensión de punta de pala;

la figura 3 muestra en una vista correspondiente, la posición de las almas de refuerzo y del nervio;

la figura 4 muestra en una vista correspondiente, la posición de taladros de drenaje;

65 la figura 5 muestra en una vista en sección transversal, la estructura de la extensión de punta de pala;

las figuras 6a y 6b muestran en una vista en sección transversal y una vista en sección longitudinal de detalle, la estructura del nervio;

Las figuras 7a y 7b describen una variante con respecto a las figuras 6, b.

5 La extensión de punta de pala en la que está basada la invención se compone sustancialmente de un cuerpo hueco en forma de cáscara que puede colocarse o deslizarse sobre la zona final de una pala de rotor 2 existente y que se compone de dos semi-cáscaras reforzadas con fibras de vidrio, la semi-cáscara 3a y la semi-cáscara 3b que están encoladas una con otra.

10 La figura 1 muestra una vista esquemáticamente en planta desde arriba de una zona final de una pala de rotor 2 existente, la punta de pala 4 de esta, así como la extensión de punta de pala 6 según la invención. En el ejemplo representado, la pala de rotor 2 existente se alarga por una longitud 1 de 1 m mediante la extensión de punta de pala 6, mientras que la longitud total L de la extensión de punta de pala 6 es de 2 m, solapándose la pala de rotor existente y la extensión de punta de pala en un área de 1m.

15 Como muestra la figura 1, el sistema de coordenadas de la zona exterior de la pala sigue teniendo su origen en la punta de pala 4 de la pala de rotor 2 existente. El eje x mira en dirección hacia el lado superior del perfil (lado de succión), y el eje y mira en dirección hacia el canto final y el eje z parte de la raíz de la pala en dirección hacia la punta de pala. El eje z se encuentra en una línea imaginaria, un 42 % detrás del canto delantero de la pala (LE) de la parte trapezoidal de la pala de rotor 2 existente.

20 La extensión de pala de rotor 6 está fijada en tres puntos, por unión geométrica, a la pala de rotor existente, de modo que la posición de la extensión de punta de pala queda predefinida durante el montaje por el encolado sin medios auxiliares adicionales. En primer lugar, a un extremo de la extensión de punta de pala 6, orientado en dirección hacia la raíz de pala, en el ejemplo representado en  $z = -1.000$ , el perfil de la pala de rotor existente está unido, por el lado superior y el lado inferior y por el talón, por unión geométrica, con la extensión de punta de pala 6, y durante el encolado se sujeta mediante una plantilla y cintas de sujeción correspondientes.

25 En un punto entre la punta de pala 4 de la pala de rotor 2 existente y una punta de pala 8 de la extensión de punta de pala 6, en el ejemplo representado por ejemplo en  $z = 260$  mm, se alarga el receptor 38 existente y un nuevo receptor de rayos se une por unión geométrica roscada con la vieja protección contra rayos.

30 Finalmente, en la zona de la punta de pala 4 de la pala de rotor 2 existente, un nervio 10 se une con la punta de pala 4 por unión geométrica y se encola.

35 Para que el punto de encolado en la zona del extremo o borde 18 de la extensión de punta de pala 6, orientado en dirección hacia la raíz de pala, presente una superficie definida y reciba sólo una cantidad de adhesivo determinada, a una distancia fija con respecto al extremo 18 de la extensión de punta de pala 6, por ejemplo en  $z = -750$  mm, se dispone, por ejemplo por encolado, una barrera 36 (figura 5) para el adhesivo en el lado interior de la extensión de punta de pala 6. Dicha barrera debe evitar que durante el procedimiento de colocación por deslizamiento de la extensión de punta de pala, el adhesivo, por ejemplo resina adhesiva, quede desplazado de forma incontrolada a zonas exteriores de la extensión de punta de pala 6.

40 La figura 2 muestra la estructura por capas de las semi-cáscaras 3a, b por las que está formada la extensión de punta de pala 6. En una zona exterior 12, cuya longitud puede oscilar entre el 50 % y el 80 % de la longitud total L de la extensión de punta de pala 6, están dispuestas tres capas de vidrio E de  $\pm 45^\circ$  (esterilla de vidrio bidiagonal) con una densidad de fibras de  $2,6 \text{ g/cm}^3$ , con un peso por unidad de superficie de  $443 \text{ g/m}^2$ , respectivamente. El espesor de una capa es de  $0,52 \text{ mm}$  con una densidad de resina de  $1,12 \text{ kg/dm}^3$  y el 33 % de contenido en volumen de fibras.

45 En una zona central 14 están dispuestas dos capas de vidrio E de  $\pm 45^\circ$  con características correspondientes, y en una zona interior 16 está dispuesta una capa de vidrio E de  $\pm 45^\circ$  con propiedades correspondientes. El borde 18 de la extensión de punta de pala 6, orientado hacia la raíz de pala, se realiza como tejido de desgarre.

50 Una banda de refuerzo o cinta de refuerzo 20 está formada por varias, en este caso 6, capas de esterilla de vidrio unidireccional y se extiende, partiendo del borde 18 orientado hacia la raíz, hasta la punta de pala 8. En la zona del borde 18, la banda de refuerzo 20 presenta una zona de solape biselado 22 con una longitud de 200 mm. En la zona de la punta de pala 8 está prevista una zona más fina 24 con una longitud de 400 mm.

55 La estructura descrita es igual para las dos semi-cáscaras (cáscara superior y cáscara inferior) de la extensión de punta de pala 6.

60 Las figuras 3 a 7 describen el nervio 10 así como una o dos almas de refuerzo o de empuje 26 previstas en la zona exterior de la extensión de punta de pala 6.

- Según muestran las figuras 3 y 6, 7, el nervio 10 está asentado por unión geométrica entre las dos semi-cáscaras 3a, b y presenta una escotadura central o un alojamiento 28 central para alojar por unión geométrica la punta de pala 4 de la pala de rotor 2. De esta manera, las fuerzas ascensionales de la extensión de punta de pala se transmiten a una superficie amplia de la punta de pala 4 de la pala de rotor 2 existente. Además, el nervio 10 posiciona la extensión de punta de pala 6 durante el procedimiento de montaje y refuerza la zona del mayor par de flexión de la extensión de punta de pala.
- Dos almas de refuerzo 26 (figuras 7a, b: un alma de refuerzo) se extienden partiendo del nervio 10 paralelamente con respecto al sentido longitudinal (eje z) de la punta de pala 2, a una distancia mutua, hasta la zona de la punta de pala 8. Como muestra la figura 3, las almas de refuerzo 26 están unidas por sus extremos, respectivamente por ambos lados, con el nervio 10, mediante cuatro escuadras adhesivas 30.
- En la variante representada en las figuras 7a, b existe sólo un alma de empuje 26. La construcción de la extensión de pala consiste en el mismo modo de construcción negativa con semi-cáscaras unidas por encolado. En la zona exterior, a diferencia de la variante original de dos almas, las dos mitades de cáscara están unidas con un alma de empuje con espuma de apoyo recubierta de esterilla de vidrio de +/- 45°.
- En esta variante, los recubrimientos de laminado de las dos almas de refuerzo se distribuyen entre el lado delantero y el lado trasero de un alma individual, de modo que no cambia el número ni la orientación de las capas. Esto se compensa mediante la superficie adhesiva aumentada en la zona final.
- El recubrimiento del alma se realiza al mismo tiempo en forma de capas angulares para el encolado posterior. Esto simplifica el trabajo de fabricación y reduce el número de encolados.
- La figura 5 muestra una sección transversal en la zona de la punta de pala 8 y representa la disposición de las almas de refuerzo 26 que están realizadas como almas de espuma (variante conforme a las figuras 6a, b). Las almas de refuerzo están unidas, mediante ocho escuadras adhesivas 32, con las semi-cáscaras de la extensión de punta de pala 6, a saber, con un encolado ciego 34 con resina adhesivo.
- En el ejemplo de realización representado (figuras 6a, b), las almas de refuerzo tienen una distancia mutua de 100 mm, mientras que el encolado ciego discurre por una longitud de 200 mm, visto en el sentido del fondo de la pala.
- La figura 5 muestra además una barrera de adhesivo 36, cuya función ya se ha explicado anteriormente y que puede estar pegada por ejemplo en la cáscara superior 3a.
- La figura 4 explica la disposición de un taladro de drenaje 40 en la zona de la punta de pala 8 así como de otro taladro de drenaje 42 en la zona de la punta de pala 4 de la pala de rotor 2 original, mientras que un taladro de drenaje 44 de la pala de rotor 2 original se ha abierto por taladrado.
- En la práctica, para la extensión de punta de pala descrita se ha acreditado una masa de aprox. 14 kg, y por las condiciones de servicio y los números de revoluciones esperados se producen unas fuerzas aerodinámicas y fuerzas centrífugas que pueden ser absorbidas bien por la unión de la extensión de punta de pala con la pala de rotor.
- A causa del tamaño relativamente pequeño y del bajo peso de la extensión de punta de pala según la invención, esta puede montarse directamente en una instalación de energía eólica existente con una plataforma elevadora sin necesidad de desmontar las palas de rotor. En primer lugar, una primera pala de rotor que ha de dotarse se aparca en posición colgada verticalmente hacia abajo y la plataforma elevadora se eleva hasta la punta de pala. La posición del extremo de la extensión de punta de pala, orientado hacia la raíz de pala, se marca en la pala de rotor, es decir, en el ejemplo descrito anteriormente,  $z = -1.000$ . Las zonas de encolado en la pala se lijan a medida, por ejemplo en franjas de 250 a 300 mm, aproximadamente, en dirección hacia la punta de pala y en la zona de la punta de pala de la pala de rotor misma. Se adapta la extensión de punta de pala, especialmente el ajuste de unión geométrica de la punta de pala de la pala de rotor y del nervio y la zona de encolado en el extremo de la extensión de punta de pala, orientado hacia la raíz de pala. Dado el caso, se repasan la escotadura del nervio y las zonas de encolado.
- A continuación, se desmonta el receptor de rayos en el lado superior y el lado inferior de la pala de rotor. Una plantilla para el agujero receptor se posiciona con cinta adhesiva y se dobla en dirección hacia la raíz de pala. En la nueva punta de pala se taladra un agujero receptor y las piezas del adaptador de receptor se enroscan en los alojamientos de receptor antiguos.
- Los taladros de drenaje se descubren y se aumentan, y se pone un taladro de drenaje adicional en el canto delantero de la pala de rotor original.
- El canto final de la extensión de punta de pala se fija con una cuña en la posición abierta, es decir, las semi-cáscaras tienen en el canto final una distancia entre ellas.

5 Se mezcla la resina adhesiva y se aplica en los puntos de encolado de la extensión de pala, documentándose las cantidades de resina. A continuación, la extensión de punta de pala con el canto final abierto se coloca por deslizamiento sobre el nervio hasta el tope. Un control visual se realiza a través del canto final aún abierto para comprobar el encolado entre la punta de pala original y el nervio. A continuación, se cierra el canto final y, en el borde de la extensión de punta de pala, orientado hacia la raíz de pala, se comprime en unión geométrica mediante una plantilla y cintas de sujeción, también en la parte restante del canto final.

10 Después de la unión roscada del receptor en el lado superior y el lado inferior, se realiza el procedimiento de curado, después de lo cual se pesan y se documentan posibles restos de resina adhesiva.

15 El día siguiente, se retiran los medios auxiliares y la pala se somete a un control visual. Se retira el tejido de desgarre en la zona del encolado del borde de la extensión de punta de pala, orientado hacia la raíz de pala, se repasan mediante lijado y biselado las costuras de encolado y se aplica un laminado de recubrimiento. El procedimiento de montaje se termina con trabajos de acabado como el enlucido, el lijado y el barnizado, así como un tratamiento térmico con una lámina o estera calentadora durante seis a siete horas a entre 62 y 70 °C.

20 Tras repetir los pasos antes citados para las demás palas de rotor de la instalación de energía eólica, se desmonta la plataforma de trabajo y se controla el peso de los restos de resina adhesiva. Se realiza un balance de masas de las extensiones de punta de pala incluyendo resinas, barnices y restos. Durante una marcha de prueba de la instalación se controla un posible desequilibrio y se observan vibraciones y ruidos.

#### Lista de signos de referencia

	2	Pala de rotor existente
25	3a	Semi-cáscara (cáscara superior)
	3b	Semi-cáscara (cáscara inferior)
	4	Punta de pala (de 2)
	6	Extensión de punta de pala
	8	Punta de pala (de 6)
30	10	Nervio
	12	Zona exterior
	14	Zona central
	16	Zona interior
	18	Bode
35	20	Banda de refuerzo (cinta de refuerzo)
	22	Zona de solape biselado
	24	Zona más fina
	26	Alma de refuerzo
	28	Alojamiento (escotadura)
40	30	Escuadra de encolado
	32	Escuadra de encolado
	34	Encolado ciego
	36	Barrera de adhesivo
	38	Receptor de rayos
45	40	Taladro de drenaje (de 6)
	42	Taladro de drenaje adicional (de 2)
	44	Taladro de drenaje original (de 2)
	I	Longitud de la extensión (de 2)
50	L	Longitud (de 6)

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Pala de rotor para una instalación de energía eólica, compuesta por una pala de rotor (2) original y una extensión de punta de pala (6) unida a esta, **caracterizada por que** la extensión de punta de pala (6) presenta dos semi-cáscaras (3a, 3b) reforzadas con fibras de vidrio que están encoladas una con otra y con una zona final de la pala de rotor (2) original.
- 10 2. Pala de rotor según la reivindicación 1, **caracterizada por que** en la zona de una punta de pala (4) de la pala de rotor (2) original está dispuesto entre las semi-cáscaras (3a, 3b) un nervio (10) sustancialmente de forma perpendicular con respecto a un eje longitudinal de pala (z).
- 15 3. Pala de rotor según la reivindicación 2, **caracterizada por que** el nervio (10) está provisto de una escotadura (28) central para recibir la punta de pala (4) de la pala de rotor (2) original, que está adaptada a la forma de la punta de pala (4).
- 20 4. Pala de rotor según la reivindicación 2 o 3, **caracterizada por que** está dispuesta al menos un alma de refuerzo (26) que se extiende partiendo del nervio (10) en dirección hacia la punta de pala (8) de la extensión de punta de pala (6).
- 25 5. Pala de rotor según la reivindicación 4, **caracterizada por que** están dispuestas dos almas de refuerzo (26) paralelamente una respecto a otra.
- 30 6. Pala de rotor según una de las reivindicaciones 4 o 5, **caracterizada por que** cada alma de refuerzo (26) presenta un núcleo de espuma y cuatro escuadras de encolado (30).
- 35 7. Pala de rotor según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizada por que** las almas de refuerzo (26) están unidas con las semi-cáscaras (3a, 3b) a través de un encolado ciego (34).
8. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** cada semi-cáscara (3a, 3b) está provista de cintas de refuerzo (20) dispuestas en el lado exterior que se extienden paralelamente con respecto al eje longitudinal de pala (z).
9. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la extensión de punta de pala (6) está provista de un taladro de drenaje (40).
10. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la extensión de punta de pala (6) está provista de un receptor de rayos (38) conectado a la protección contra rayos de la pala de rotor (2) original.

Fig. 1

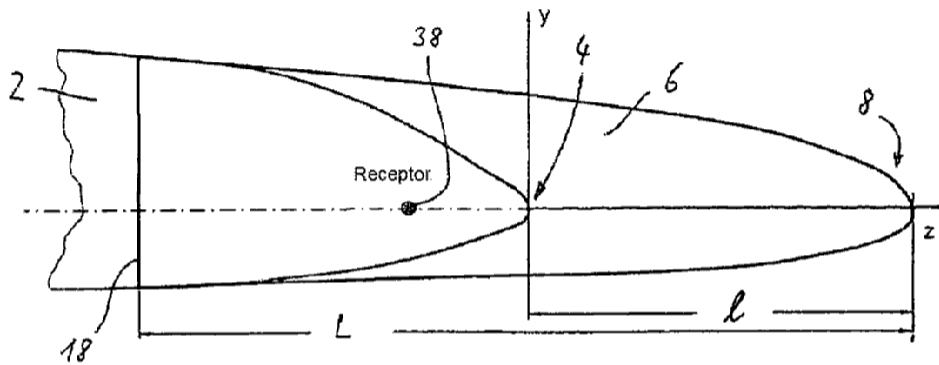


Fig. 2

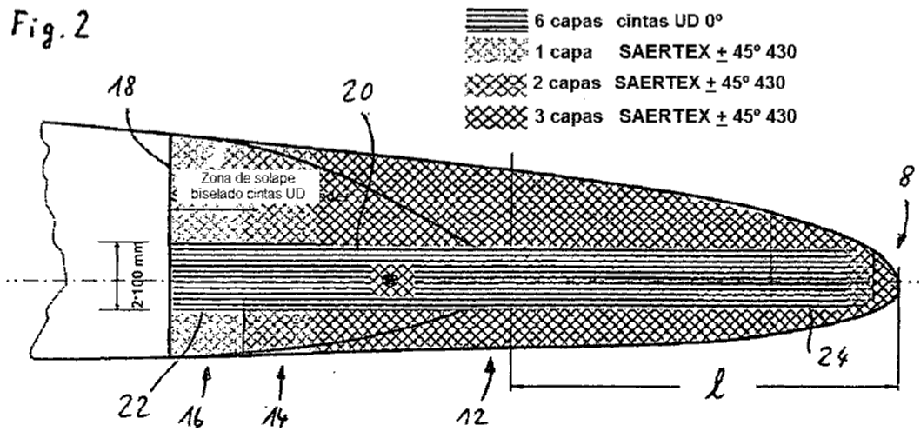


Fig. 3

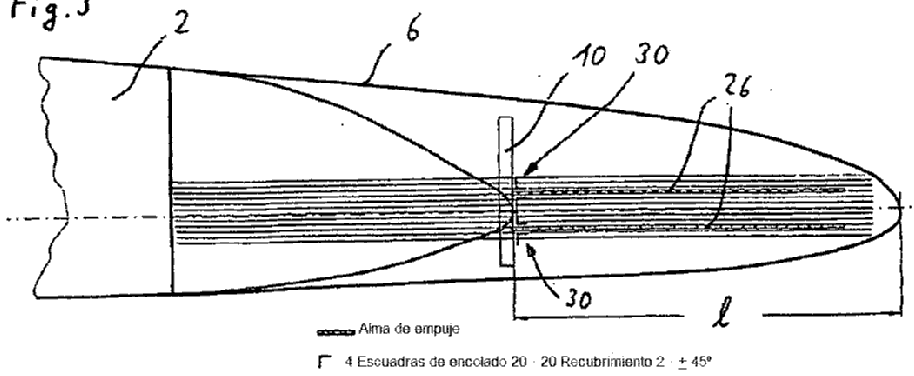


Fig. 4

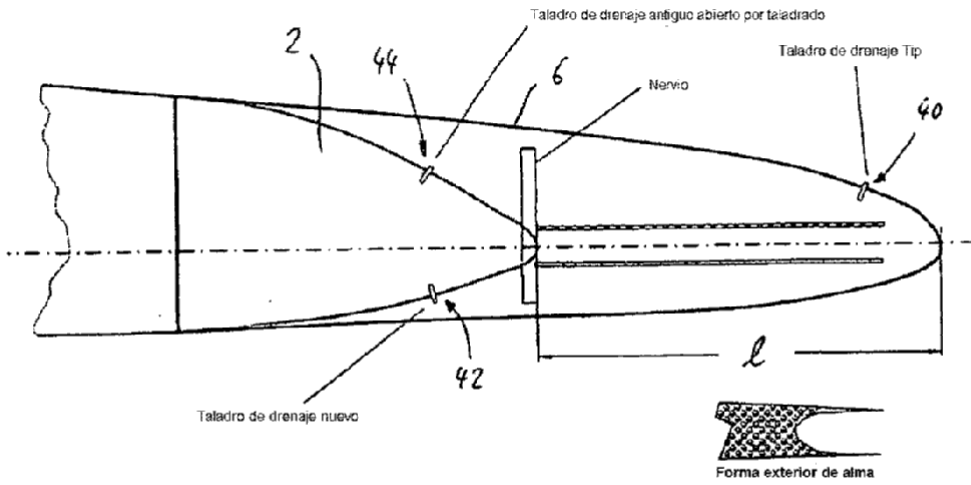


Fig. 5

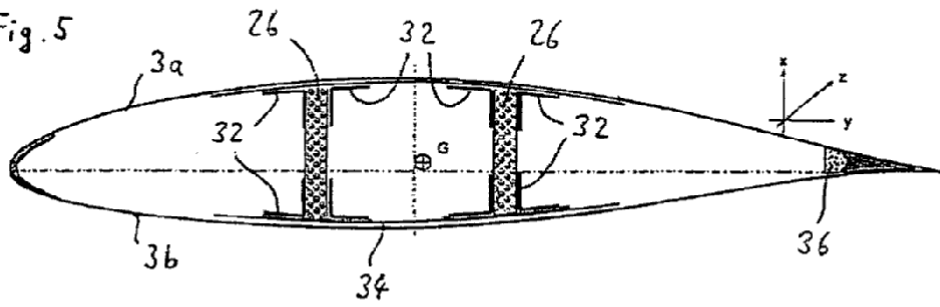


Fig. 6a

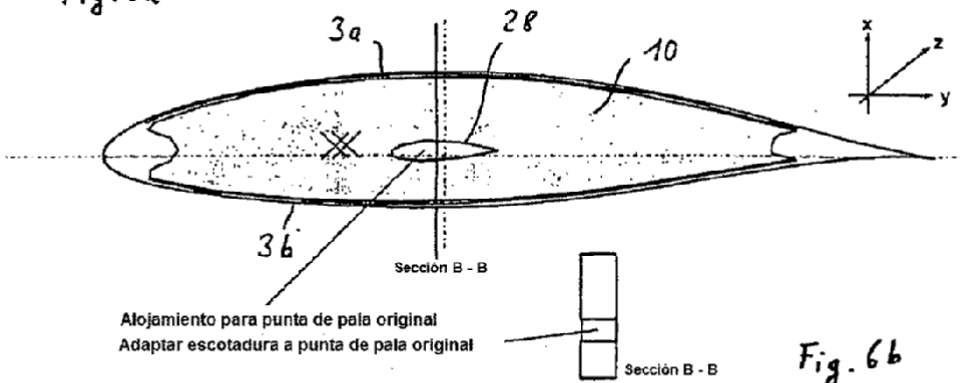


Fig. 6b



Fig. 7a

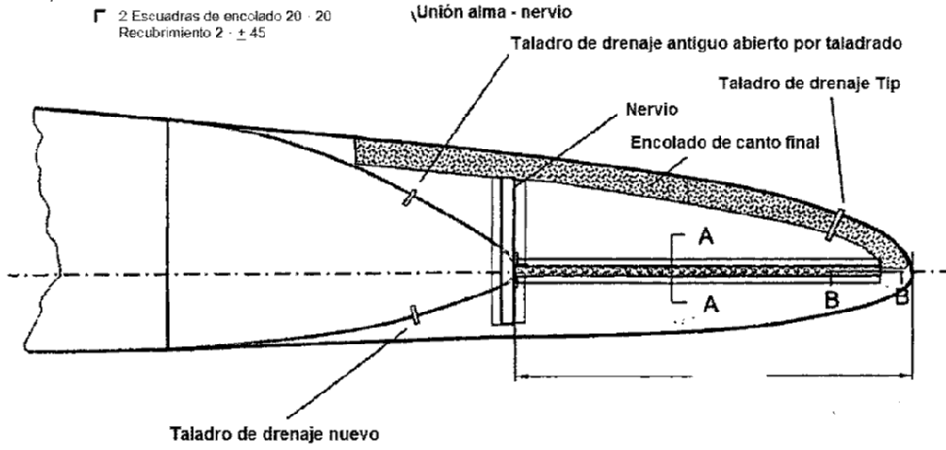


Fig. 7b

