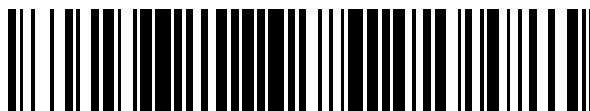


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 115**

51 Int. Cl.:

**B64C 3/18** (2006.01)

**B64C 3/20** (2006.01)

**B64C 3/38** (2006.01)

**B64C 3/52** (2006.01)

**B29C 70/20** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08155629 .2**

96 Fecha de presentación: **05.05.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **1988012**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2008**

54 Título: **Ala para una aeronave con una estructura sustentadora configurada en modo de construcción de compuesto de fibras**

30 Prioridad:  
**04.05.2007 DE 102007020952**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.11.2012**

73 Titular/es:  
**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND  
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)  
LINDER HÖHE  
51147 KÖLN, DE**

72 Inventor/es:  
**DIETZ, GUIDO;  
SCHWOCHOW, JAN;  
ABDALLA, MOSTAFA;  
DE BREUKER, ROELAND y  
GÜRDAL, ZAFER**

74 Agente/Representante:  
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 390 115 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

Ala para una aeronave con una estructura sustentadora configurada en modo de construcción de compuesto de fibras

**Campo técnico de la invención**

- 5 La invención se refiere a un ala para una aeronave con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

**Estado de la técnica**

10 Las alas de los aviones comerciales actuales están la mayoría de las veces en flecha hacia atrás y se realizan en monocasco como tubos cerrados. Todavía se usan preferentemente materiales metálicos para proporcionar la estructura sustentadora de alas. Sin embargo, la aplicación del modo de construcción de compuesto de fibras para la estructura sustentadora de alas, por ejemplo, el uso de materiales compuestos de fibras de carbono anisótropos, promete ahorros de peso relevantes. De esta manera, la parte predominante de la estructura primaria del Boeing 787 que se encuentra en desarrollo incluyendo las alas se fabricará previsiblemente a partir de materiales compuestos de fibras. También Airbus planea un uso masivo de materiales compuestos de fibras con el desarrollo del nuevo A350XWB.

15 Por el documento US 6.419.187 B1 se conoce un perfil de pared delgada con variación de perfil con uso de la anisotropía del material de la estructura. Este perfil de pared delgada se puede usar como ala. La pared delgada del perfil está configurada en modo de construcción de compuesto de fibras. La anisotropía del material está prevista de forma local para dar lugar a cambios específicos del contorno del perfil. Se da lugar a la deformación básica del contorno que a este respecto sirve de base mediante accionadores. Con el modo de construcción de compuesto de  
20 fibras pueden estar previstas en el compuesto con estratos de fibras unidireccionales también aquellos con una orientación de +/- 45°.

25 Las propiedades mecánicas anisótropas, es decir, dependientes de la dirección de materiales compuestos de fibras, se usan de forma dirigida en los desarrollos actuales de aviones. En las alas en flecha de aviones comerciales habituales, las puntas del ala se retuercen bajo carga de vuelo, es decir, con generación de sustentación, hasta ángulos de incidencia reducidos. Esta propiedad aeroelástica generalmente desventajosa de alas en flecha se puede mitigar mediante un modo de construcción de compuesto de fibras y alabeo previo. El compuesto de fibras está estructurado a este respecto de tal modo que en el intervalo de las sustentaciones totales admisibles se comporta prácticamente con elasticidad lineal. Esto quiere decir que su deformación incluyendo su torsión depende de modo casi lineal de la sustentación total.

30 El diseño de la estructura sustentadora de un ala con rigideces dirigidas, por ejemplo, con materiales compuestos de fibras de carbono anisótropos, de manera que la geometría rodeada por flujo de aire bajo las cargas de aire para los rendimientos de vuelo así como las propiedades de vuelo, tales como, por ejemplo, la maniobrabilidad de una aeronave, se deforma de forma apropiada y en el intervalo de las sustentaciones totales que aparecen no aparece ningún esfuerzo de material inadmisibles, se denomina generalmente "confección a medida aeroelástica".  
35 ("aeroelastic tailoring"). Así se retuercen las puntas del ala de alas en flecha de aviones comerciales habituales bajo carga de aire hasta menores ángulos de incidencia. El estado de deformación resultante de esto del ala se denomina forma de vuelo (flight-shape). La llamada forma de plantilla para taladrar (jig-shape) sin carga de aire, particularmente el alabeo previo de ala, se configura por ello durante el diseño y la fabricación de las alas de tal manera que en el vuelo de crucero se ajusta una distribución de la sustentación de envergadura aerodinámicamente adecuada que va acompañada de una pequeña resistencia inducida. La rigidez a la torsión de las alas debe además ser tan grande que la eficacia de los alerones esté asegurada en la totalidad del alcance de vuelo. Si aparece el caso de carga de dimensionado de un llamado arco de enderezamiento con una aceleración por la gravedad de factor 2,5 en la aeronave (2,5 g de arco de enderezamiento), las punta del ala de alas de elasticidad lineal en flecha hacia atrás giran hasta ángulos de incidencia todavía menores, de tal manera que el punto de ataque resultante de la distribución de la sustentación de la envergadura se desplaza a la raíz del ala y sirve para un aumento ligeramente decreciente del momento de flexión de la raíz del ala con la sustentación total. Este efecto deseable, sin embargo, está marcado solo escasamente debido a la rigidez a la torsión necesaria para la eficacia del alerón de las alas y el comportamiento de elasticidad lineal. Además, el mismo se reduce con flecha decreciente de las alas de una aeronave. En alas con flecha dirigida hacia atrás muy pequeña y extensión grande, el efecto de reducción de carga es correspondientemente en particular escaso. Algunas alas pueden ganar una importancia creciente en el futuro para la construcción de aviones comerciales, ya que una envoltura con flujo de aire del ala laminar de baja resistencia con ángulos de flecha pequeños se puede lograr más fácilmente que con alas en flecha.

55 Los materiales compuestos de fibras que están compuestos de fibras de refuerzo incluidas en una matriz están estructurados por norma general por capas. En la selección de los componentes individuales para un material compuesto de fibras hay que prestar atención a que el alargamiento a la rotura de la matriz sea mayor que el de las fibras de refuerzo. En las capas individuales de un material compuesto de fibras se pueden diferenciar las orientaciones de las fibras. En los materiales compuestos de fibras habituales, la dirección de fibras dentro de una capa sin embargo es constante. Nuevos modos de construcción de compuesto de fibras y procedimientos de

producción permiten variar la dirección de fibras dentro de una capa depositándose las fibras de refuerzo en forma de onda. De esta manera se consigue que la rigidez en la capa con las fibras seleccionadas en una dirección predominante dependa del lugar. Tales modos de construcción se denominan laminado de rigidez variable (variable-stiffness (VS) laminate). En una estructura sustentadora de laminados de rigidez variable, el comportamiento de deformación local puede predefinirse mediante la estructura los laminados de VS.

**Objetivo de la invención**

La invención se basa en el objetivo de indicar un ala con las características del preámbulo de la reivindicación 1, en la que las posibilidades de la confección a medida aeroelástica básicamente estén ampliadas.

**Solución**

El objetivo de la invención se resuelve mediante un ala con las características de la reivindicación independiente 1. Las formas de realización preferidas de la nueva ala están descritas en las reivindicaciones dependientes 2 a 9. La reivindicación 10 se refiere a una aeronave con un par de alas de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9. La reivindicación 11 se refiere a una aeronave todo ala compuesta de un ala de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

**Descripción de la invención**

En la nueva ala, la estructura sustentadora además de fibras de refuerzo, que siempre tienen un recorrido el línea recta, presenta fibras de refuerzo localmente que, sin la generación de sustentación, es decir, sin carga de aire, presentan un recorrido ondulado, para dividir la deformación elástica del ala en la generación de sustentación en un primer intervalo de sustentaciones totales pequeñas y en un segundo intervalo de sustentaciones totales grandes, estando las fibras de refuerzo onduladas estiradas en el segundo intervalo y causando de esta manera al menos una componente de deformación adicional con respecto al primer intervalo. Los procedimientos de producción ya disponibles para laminados de VS se usan de forma ampliada en la nueva ala. En las capas individuales de su estructura sustentadora configurada en modo de construcción de compuesto de fibras se colocan las fibras de refuerzo de forma ondulada, de tal manera que solo a partir de un alargamiento local determinado diseñado anteriormente contribuyen de manera relevante a la rigidez a la tracción. De esta manera se consigue un comportamiento de alargamiento a la tracción intensamente no lineal. En la nueva ala, con las fibras de refuerzo dispuestas de forma ondulada y una distribución de rigidez localmente distinta resultante de esto en conexión con el comportamiento de alargamiento a la tracción no lineal se obtiene una confección a medida aeroelástica de dos maneras: con sustentación total moderada se obtiene una distribución de sustentación de envergadura aerodinámicamente adecuada con escasa resistencia inducida. Con sustentación total grande, por ejemplo, durante un arco de enderezamiento, el ala se alabea mucho y desplaza el centro de gravedad de la distribución de sustentación con respecto al vuelo de crucero masivamente en dirección a la raíz del ala. De esta manera, mediante una medida pasiva se asegura un momento de flexión de la raíz relativamente pequeño incluso con sustentación total elevada. Así se puede lograr un ahorro de peso con diseño correspondiente y las mismas tensiones de material admisibles en la nueva ala con respecto al modo de construcción convencional, ya que se tiene que emplear en la construcción menos material en la zona de la punta del ala. Las medidas usadas para esto son pasivas y presentan por tanto un riesgo de avería pequeño. La nueva ala puede particularmente usarse también con alas en flecha ligeramente o hacia delante. Mediante el comportamiento de deformación no lineal, la confección a medida aeroelástica para el vuelo de crucero y el arco de enderezamiento están desacopladas en la nueva ala de una manera no conseguida hasta ahora.

Para conseguir la torsión ya mencionada alrededor de la dirección de extensión principal del ala de forma dirigida en el segundo intervalo de la sustentación total, las fibras de refuerzo onduladas pueden estar dispuestas, por ejemplo, en una subzona del lado de presión ubicada aguas arriba de la estructura de ala sustentadora y ahí tener un recorrido esencialmente a lo largo de la dirección de extensión principal del ala. Como alternativa o adicionalmente, las fibras de refuerzo onduladas pueden tener un recorrido en una subzona del lado de succión ubicada aguas arriba de la estructura del ala sustentadora esencialmente en dirección a la profundidad del perfil del ala. Particularmente, la estructura sustentadora con las fibras de refuerzo onduladas puede ser a este respecto una estructura de caja del ala. Esta estructura de caja puede estar configurada por el revestimiento externo del ala o puede tratarse de una caja de ala adicional dentro del revestimiento externo del ala en la que el revestimiento de cubierta está apoyado mediante cuadernas y costillas.

La presente invención ofrece ventajas particulares cuando se lleva a la práctica en un ala con flecha muy pequeña y gran extensión.

Una aeronave de acuerdo con la invención presenta al menos un par de alas con las características descritas anteriormente.

Se obtienen perfeccionamientos ventajosos de la invención de las reivindicaciones, la descripción y los dibujos. Las ventajas de las características y de combinaciones de varias características mencionadas en la introducción de la descripción son únicamente ilustrativas y se pueden aplicar de forma alternativa o acumulativa sin que las ventajas se tengan que lograr forzosamente por formas de realización de acuerdo con la invención. Otras características se

pueden obtener de los dibujos –particularmente de las geometrías representadas y las dimensiones relativas de varias piezas de construcción entre sí así como su disposición relativa y conexión eficaz. La combinación de características de distintas formas de realización de la invención o de características de distintas reivindicaciones es posible asimismo apartándose de las referencias seleccionadas de las reivindicaciones y se sugiere de este modo. Esto también se refiere a las características que están representadas en dibujos separados o que se mencionan en su descripción. Estas características también se pueden combinar con características de distintas reivindicaciones. Del mismo modo pueden omitirse características citadas en las reivindicaciones para otras formas de realización.

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

La invención se explica y describe con más detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos mediante ejemplos de realización.

**Fig. 1** muestra una estructura de caja de una nueva ala sin carga de aire.

**Fig. 2** muestra la estructura de caja del ala de acuerdo con la Fig. 1 bajo carga de aire en el vuelo de crucero.

**Fig. 3** muestra la estructura de caja del ala de acuerdo con la Fig. 1 bajo carga de aire con un arco de enderezamiento.

**Fig. 4** muestra registros de la distribución de sustentación de envergadura para el vuelo de crucero y el arco de enderezamiento en un ala con la estructura de caja de acuerdo con las Figs. 1 a 3; y

**Fig. 5** muestra el alabeo del ala y el momento de flexión de la raíz dependiendo de la sustentación total en un ala con la estructura de caja de acuerdo con las Figs. 1 a 3, a este respecto está reproducida el ala arriba en la Fig. 3 en tres estados de deformación correspondientes a las Figs. 1 a 3 en perspectiva.

### **Descripción de las figuras**

En las **Figs. 1 a 3** está representada una estructura de caja de un ala de acuerdo con la invención, en la que está aplicado y se usa de forma dirigida un comportamiento de alargamiento a la tracción no lineal. La estructura de caja 1 como estructura 2 sustentadora del ala no representada por sí misma en el presente documento está configurada en modo de construcción de compuesto de fibras y presenta en el presente documento fibras de refuerzo 4 y 5 representadas en el presente documento solo de forma esquemática, que están incluidas en una matriz 6. Las fibras de refuerzo 4 están siempre estiradas y tienen un recorrido en la dirección de extensión principal del ala. Sin embargo, en una subzona 3 inferior delantera de la estructura de caja 1 están previstas fibras de refuerzo 5, que sin carga de aire, es decir, como se representa en la Fig. 1, presentan un recorrido ondulado y se extienden solo como media en la dirección de extensión principal del ala. A este respecto, estas fibras de refuerzo 5 onduladas pueden estar previstas en la subzona 3 inferior anterior adicionalmente a fibras de refuerzo 4 que tienen un recorrido en ese lugar en línea recta o en lugar de estas fibras de refuerzo 4. En caso de carga de aire 7 normal, como aparece en el vuelo de crucero de acuerdo con la Fig. 2, las fibras de refuerzo 5 todavía no están completamente estiradas. Mediante la carga de aire 7, la estructura de caja 1 por tanto se dobla con respecto a la raíz del ala hacia arriba esencialmente con elasticidad lineal. Con la aparición de una carga de aire 8 grande, como está representada en la Fig. 3, las fibras de refuerzo 5 están estiradas y por eso conducen a un refuerzo local de la estructura de caja 1. Este tiene como consecuencia una torsión de la estructura de caja 1 y con ello del ala completa alrededor de su dirección de extensión principal, como está indicado en la Fig. 3 mediante un ángulo de alabeo  $\alpha$  diferente a cero. Un efecto correspondiente se obtiene cuando las fibras de refuerzo 5 que tienen un recorrido ondulada están dispuestas, en lugar de en el casco inferior 13 sometido a tracción del ala esencialmente en su dirección de extensión principal en una subzona anterior del casco superior 14 sometido a presión del ala transversalmente a su dirección de extensión principal o en la dirección de envergadura. De esta manera, el alargamiento transversal del casco superior 14 se dificulta a partir de un cierto recalcado en la dirección de extensión principal del ala. También de esta manera se provoca el acoplamiento de la deformación por flexión y por torsión de la estructura de caja en el sentido de la invención a partir de una carga de vuelo determinada.

En la **Fig. 4** están representadas distribuciones de sustentación de envergadura, correspondiéndose la línea 9 discontinua al vuelo de crucero con la carga de aire 7 y la deformación del ala de acuerdo con la Fig. 2 y la línea 10 de rayas y puntos al caso esquematizado en la Fig. 3 de un arco de enderezamiento de 2,5 g. La línea 11 de puntos tiene un recorrido entre medias esquematiza el punto en el que termina el intervalo 15 de pequeñas fuerzas de sustentación total o cargas de aire sobre el ala, a lo largo del cual el ala muestra un comportamiento de deformación esencialmente de elasticidad lineal. En la línea 11 se estiran las fibras de refuerzo 5 onduladas en primer lugar. En una zona 16 por encima de la línea 11 las mismas causan la torsión del ala esquematizada en la Fig. 3.

En la Fig. 5, el alabeo del ala y el momento de flexión de la raíz están representados dependiendo de la sustentación total para el ala 12, estando reproducida la propia ala 12 en sus estados de deformación correspondientes a las Figs. 1 a 3 en perspectiva. Las líneas 9, 11 y 10 reproducen a este respecto de nuevo el caso del vuelo de crucero, el límite del intervalo 15 de la sustentación total con deformación de elasticidad lineal del ala 12 y el caso de un arco de enderezamiento con gran sustentación total de, por ejemplo, 2,5 g veces la masa de la respectiva aeronave. En el arco de enderezamiento aparece un alabeo de ala reforzado, que conduce a que disminuya el momento de flexión

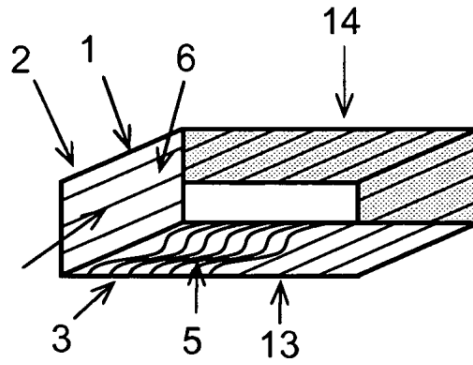
de la raíz visto relativamente alrededor de la raíz de ala del ala. Por ello, el esfuerzo de material en la zona de la raíz del ala se reduce, lo que permite un modo de construcción más ligera.

**Lista de referencias**

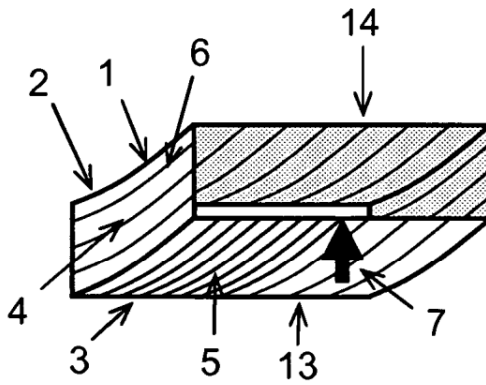
	1	Estructura de caja
5	2	Estructura sustentadora
	3	Subzona
	4	Fibra de refuerzo
	5	Fibra de refuerzo ondulada
	6	Matriz
10	7	Carga de aire
	8	Carga de aire
	9	Línea
	10	Línea
	11	Línea
15	12	Ala
	13	Casco inferior
	14	Casco superior
	15	Intervalo
	16	Intervalo
20		

**REIVINDICACIONES**

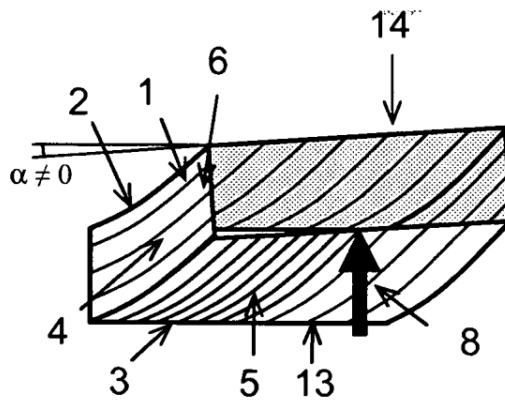
1. Ala para una aeronave con una estructura sustentadora configurada en modo de construcción de compuesto de fibras, deformándose el ala de forma elástica con la generación de sustentación para adoptar su forma de vuelo, **caracterizada porque** la estructura sustentadora (2), además de fibras de refuerzo (4) que tienen un recorrido siempre en línea recta, presenta localmente fibras de refuerzo (5), que presentan un recorrido ondulado sin generación de sustentación, para dividir la deformación elástica del ala (12) con la generación de sustentación en un primer intervalo (15) de pequeñas sustentaciones totales y en un segundo intervalo (16) de sustentaciones totales grandes, estando las fibras de refuerzo onduladas (5) estiradas en el segundo intervalo y causando de esta manera al menos una componente de deformación adicional con respecto al primer intervalo (15).
- 5
2. Ala de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** el primer intervalo (15) comprende la sustentación total necesaria en el vuelo de crucero de la aeronave y el segundo intervalo (16), la sustentación total que aparece en un arco de enderezamiento.
- 10
3. Ala de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** al menos una componente de deformación adicional en el segundo intervalo (16) de la sustentación total es una torsión alrededor de la dirección de extensión principal del ala (12), que desplaza el centro de gravedad de la distribución de sustentación de envergadura a lo largo del ala (12) hacia su raíz de ala.
- 15
4. Ala de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizada porque** las fibras de refuerzo onduladas (5) en una subzona (3) del lado de presión ubicada aguas arriba de la estructura sustentadora tienen un recorrido esencialmente a lo largo de la dirección de extensión principal del ala (12).
- 20
5. Ala de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, **caracterizada porque** las fibras de refuerzo onduladas (5) en una subzona (3) del lado de succión ubicada aguas arriba de la estructura sustentadora tienen un recorrido esencialmente en dirección de la profundidad del perfil del ala (12).
6. Ala de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** la estructura sustentadora (2) con las fibras de refuerzo onduladas (5) presenta una estructura de caja (1) del ala (2).
- 25
7. Ala de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada porque** la estructura sustentadora (2) con las fibras de refuerzo onduladas (5) presenta una caja de ala del ala (12).
8. Ala de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** la estructura sustentadora (2) con las fibras de refuerzo onduladas (5) presenta un revestimiento externo sustentador del ala (12).
9. Ala de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** está configurada como ala laminar.
- 30
10. Aeronave con un par de alas (12) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.
11. Aeronave todo ala compuesta de un ala (12) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.



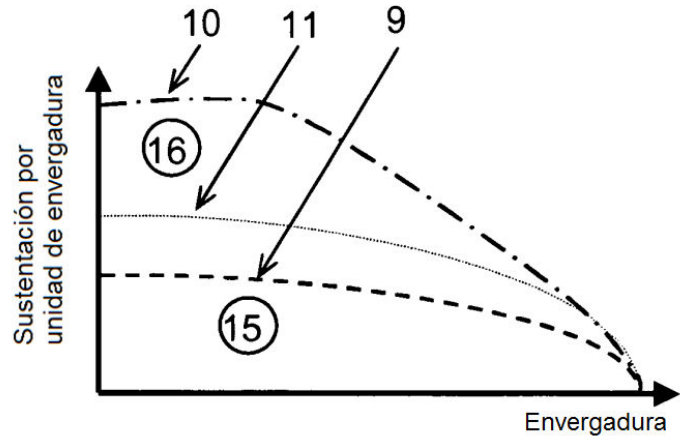
(Fig. 1)



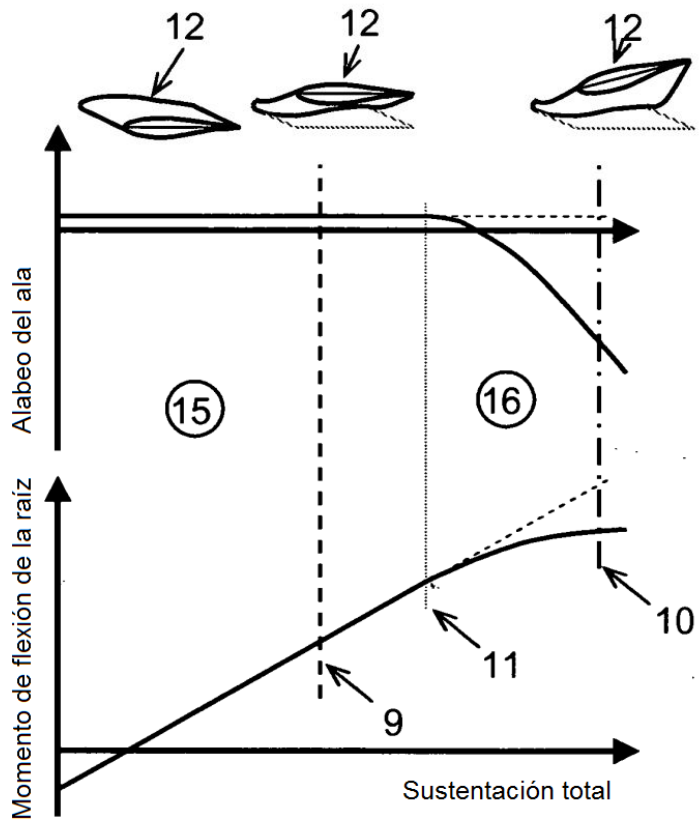
(Fig. 2)



(Fig. 3)



(Fig. 4)



(Fig. 5)