

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 969**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2016** **E 16168479 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019** **EP 3093485**

54 Título: **Pala de aerogenerador**

30 Prioridad:

11.05.2015 GB 201508004

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

24.06.2020

73 Titular/es:

**BLADE DYNAMICS LIMITED (100.0%)
Gamma House Southampton Science Park
Southampton, Hampshire SO16 7NS, GB**

72 Inventor/es:

**HAYDEN, PAUL TREVOR y
WHILEY, DAVID ANTHONY**

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 768 969 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 aerogenerador

5 La presente invención se refiere a una pala de aerogenerador. De US2011/0123346 y WO03/078832 se conocen ejemplos de palas con cubiertas que tienen dos tipos de fibras.

10 En particular, la presente invención se refiere a una pala de un aerogenerador de gran tamaño que tiene por lo menos 45 metros de largo desde la raíz hasta la punta.

Es deseable que las palas de un aerogenerador sean de gran longitud ya que el aumento de la longitud de la pala produce un aumento desproporcionadamente elevado de la potencia de salida por coste unitario.

15 Sin embargo, la cada vez mayor longitud de las palas de los aerogeneradores produce nuevos desafíos técnicos. Hasta cierto punto, la tecnología de las palas existente puede ampliarse simplemente tal como es. Sin embargo, esto sólo puede llegar hasta que se surjan problemas.

Un problema particular con palas de aerogenerador largas es la rigidez torsional.

20 Típicamente, a medida que aumenta la longitud de la pala, una rigidez torsional inadecuada da como resultado una torsión excesiva de la pala, problemas con aleteo y otras inestabilidades.

25 La manera en que se ha mejorado rutinariamente la rigidez es aumentar la cantidad de fibras de vidrio en la disposición del laminado a medida que se forma la pala. Esta fibra de vidrio adicional se coloca normalmente en la cubierta estructural aerodinámica exterior de la pala. Esta cubierta aerodinámica forma una "caja de torsión" que hace frente eficazmente a la estabilidad torsional de la pala. La fibra se coloca típicamente en una disposición biaxial. Sin embargo, esto no es efectivo en términos de masa y costes ya que se requiere una cantidad significativa de fibras de vidrio.

30 Un objetivo de la presente invención es una pala larga con una mejor rigidez torsional.

De acuerdo con la presente invención, se presenta una pala de aerogenerador tal como se define en la reivindicación 1.

35 La presente invención se basa en el uso específico de fibras de alta rigidez.

40 Por lo tanto, la invención va en contra de la corriente habitual de simplemente aumentar la cantidad de fibra de vidrio en el laminado. Esto permite lograr una mayor rigidez torsional en la misma masa que una pala convencional o para una rigidez torsional comparable en una masa reducida. El uso de las fibras más caras está más que compensado por los otros beneficios en otras partes de la pala que resultan de reducir la masa hacia la región exterior de una pala relativamente grande. En particular, pueden lograrse reducciones de masa adicionales en otras partes de la pala ya que no es necesario soportar una masa mayor.

45 El uso de fibras relativamente caras también se mitiga ya que están dirigidas a la región de la pala que es más propensa a torsión.

50 La presente invención también elimina la necesidad de aumentar el grosor de la cubierta aerodinámica de la pala. De lo contrario, esto podría ser necesario para alojar suficientes fibras para lograr la rigidez torsional requerida, pero puede reducirse el rendimiento aerodinámico de la pala y aumentarse la masa, tal como se ha mencionado anteriormente.

55 La fibra de alta rigidez más común que normalmente podría utilizarse en este contexto es la fibra de carbono. Sin embargo, no es apropiada para su uso en la presente invención puesto que tiene baja resistividad eléctrica (alta conductividad eléctrica). Esto puede causar problemas importantes cuando sobre la superficie exterior de la pala impactan rayos. La presente invención evita, por lo tanto, el uso de la fibra de alta rigidez más común en favor de una fibra con una resistividad eléctrica relativamente elevada.

60 Preferiblemente, las fibras tienen una relación entre el módulo de Young y la densidad mayor de 60 GPa/(g.cm⁻³) y preferiblemente mayor de 70 GPa/(g.cm⁻³) Las fibras de alta rigidez pueden ser basalto u otras fibras de alto módulo de Young que tengan una resistividad eléctrica muy elevada. Preferiblemente estas fibras son de aramida. En la figura 5 se muestran las propiedades relativas de las fibras.

- Preferiblemente, estas fibras de alta rigidez se extienden a lo largo de por lo menos un 20% y preferiblemente por lo menos un 30%, de la longitud de la pala. Sin embargo, las fibras preferiblemente no están presentes hasta la punta de la pala, ya que tendrán poco efecto en las proximidades de la punta. Algunas fibras de alta rigidez pueden estar presentes en la mitad radialmente más interior de la pala más cercana a la punta. Sin embargo, preferiblemente por lo menos el tercio radialmente más interior de la pala y preferiblemente la mitad radialmente más interior de la pala está sustancialmente libre de las fibras de alta rigidez.
- La referencia a que la pala esté sustancialmente libre de fibras de alta rigidez significa que es posible que algunas de estas fibras de alta rigidez estén presentes, pero en una cantidad que no produce ninguna diferencia práctica. Si esta región también tiene fibras de baja rigidez, puede pensarse que la región está sustancialmente libre de fibras de alta rigidez si menos de un 10% de las fibras multiaxiales son fibras de alta rigidez. Si la región no tiene fibras de baja rigidez, puede considerarse que una región está sustancialmente libre de las fibras de alta rigidez si la densidad de las fibras en este punto es inferior a un 10% de la densidad de las fibras en la región de mayor densidad.
- La cubierta también está preferiblemente reforzada por fibras de baja rigidez, tales como las fibras de vidrio E. Éstas pueden estar presentes en varias zonas. En primer lugar, pueden estar presentes como fibras unidireccionales junto con las fibras biaxiales de alta rigidez, de modo que sólo las fibras biaxiales en esta región son fibras de alta rigidez. Alternativamente, o adicionalmente, pueden estar presentes como fibras biaxiales en las regiones de la pala que sustancialmente no tienen fibras de alta rigidez.
- La pala también está preferiblemente reforzada con fibras que se extienden sustancialmente en la dirección longitudinal.
- Las fibras biaxiales están orientadas preferiblemente en un ángulo de entre 40° y 50°, y preferiblemente sustancialmente 45° respecto al eje principal. Esta orientación es óptima para maximizar la rigidez torsional.
- Se describirá ahora un ejemplo de una pala de aerogenerador de acuerdo con la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:
- La figura 1 es una gráfica que muestra la rigidez torsional de la pala respecto al radio de la pala mostrando la técnica anterior y la presente invención.
- La figura 2 es una sección transversal a través de una pala que muestra los componentes básicos de la pala.
- La figura 3 es una vista en planta de una pala convencional que muestra la disposición de fibras convencional.
- La figura 4 es una vista similar a la figura 3 que muestra un ejemplo de la disposición de fibras de la presente invención; y
- La figura 5 es una gráfica que muestra las propiedades aproximadas de las fibras de acuerdo con la presente invención en comparación con las que no lo son.
- Una pala de aerogenerador convencional se compone esencialmente de una cubierta aerodinámica 1 que define la forma de la pala soportada por el larguero 2 que proporciona la rigidez y resistencia a la flexión principal de la pala. Puede haber también un larguero del borde de salida 3 para proporcionar rigidez adicional cerca del borde de salida.
- La presente invención se refiere a mejoras en la cubierta 1. Esta cubierta forma efectivamente una "caja de torsión" que determina la capacidad de la pala para resistir la torsión. A lo largo de la longitud de la pala, la naturaleza cónica de la pala significa que la sección transversal de la cubierta 1 y, por lo tanto, el tamaño de la "caja de torsión" disminuye hacia la punta. Esto provoca la reducción de la rigidez torsional de una pala convencional y se representa por la línea 5 de la figura 1. Con una longitud cada vez mayor de la pala, llega un punto en el que la rigidez torsional en la mitad exterior de la pala se vuelve inaceptablemente baja con un diseño de pala convencional ya que el tamaño de la pala significa que la carga torsional sigue siendo importante en este punto.
- En la figura 3 se muestra una estructura de fibras convencional. Esencialmente, la estructura de fibras es, en general, la misma a lo largo de la pala. Ésta comprende una serie de fibras axiales 10, así como una serie de fibras biaxiales 11 dispuestas a $\pm 45^\circ$ respecto al eje de la pala. Éstas están formadas por vidrio E.
- La mejora proporcionada por la presente invención se destaca por las diferencias entre las figuras 3 y 4.
- Por lo tanto, en las dos regiones marcadas como Zona X en la figura 4, la estructura de fibras es la estructura de fibras anterior de la figura 3 con la combinación de fibras de vidrio E uniaxiales y biaxiales. La pala que se muestra

en la figura 4 es una pala de 80 metros y la Zona X se muestra extendiéndose los primeros 50 metros y los últimos 5 metros de la pala. La extensión exacta de esta región es variable.

5 La Zona Y discurre por el resto de las palas con la excepción de dos zonas de transición (Zonas Z en la figura 4 que se extienden de 2 a 3 metros). La Zona Y está compuesta por las mismas fibras axiales de vidrio E que discurren a lo largo de las dos regiones de la Zona X. Estas fibras axiales son preferiblemente continuas a lo largo de la longitud de la pala. Sin embargo, en esta región, las fibras multiaxiales dispuestas a $\pm 45^\circ$ respecto al eje de la pala son fibras de aramida 12. En la Zona Z, las fibras a $\pm 45^\circ$ son tanto de vidrio E como de aramida, desapareciendo gradualmente las fibras de vidrio E a favor de las fibras de aramida al acercarse a la zona Y. Por ejemplo, si hay más
10 de una capa de fibras, las capas de un material pueden cambiarse gradualmente por la otra a lo largo de la zona Z.

La expresión $\pm 45^\circ$ utilizada para describir las fibras multiaxiales es la forma tradicional de referirse a tales fibras. El ángulo de 45° es el ángulo óptimo para disponer dichas fibras. Sin embargo, es posible cierta desviación del ángulo exacto de 45° mientras se permita que las fibras multiaxiales funcionen adecuadamente.
15

Cabe señalar que, en las figuras 3 y 4, la separación de las fibras se muestra muy exagerada y, en la práctica, será una separación convencional. La densidad de las fibras es preferiblemente la misma en cada zona. La matriz es un material matricial estándar tal como epoxi, poliéster, viniléster o poliuretano.

20 Como resultado de las fibras de mayor rigidez, la rigidez torsional de la pala aumenta considerablemente en la región de la zona Y. Este aumento se muestra con la línea 6 en la figura 1, que representa el aumento de la rigidez de una pala en la que, en las Zonas Y y Z, las fibras convencionales de vidrio E se reemplazan por el mismo número y disposición de fibras de aramida.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pala de aerogenerador que tiene por lo menos 45 m de largo, presentando la pala tiene un eje principal en la dirección longitudinal desde la raíz hasta la punta, comprendiendo la pala una cubierta aerodinámica (1) que rodea un larguero (2) que se extiende en una dirección longitudinal a lo largo de una proporción sustancial de la pala, estando reforzada por lo menos una parte de la mitad de la cubierta más cercana a la punta por fibras de alta rigidez (10, 11) que tienen una relación entre el módulo de Young y la densidad mayor de 50 GPa/(g.cm⁻³) y una resistividad eléctrica mayor que 10¹⁰Ω.cm, siendo las fibras (11) biaxiales con un primer eje formando un ángulo respecto al eje principal en un ángulo agudo y un segundo eje formando un ángulo respecto al eje principal en un ángulo agudo en el sentido opuesto al primer ángulo, caracterizado por el hecho de que por lo menos el tercio radialmente más interior de la cubierta (1) y una zona (X) adyacente a una punta de la pala están sustancialmente libres de fibras de alta rigidez (10,11).
- 15 2. Pala de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que las fibras (11) tienen una relación entre el módulo de Young y la densidad mayor de 60 GPa/(g.cm⁻³) y preferiblemente mayor de 70 GPa/(g.cm⁻³).
3. Pala de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizada por el hecho de que las fibras de alta rigidez (10, 11) son aramida.
- 20 4. Pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que las fibras de alta rigidez (10, 11) se extienden a lo largo de por lo menos un 20% de la longitud de la pala.
5. Pala de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por el hecho de que las fibras de alta rigidez (10,11) se extienden a lo largo de por lo menos un 30% de la longitud de la pala.
- 25 6. Pala de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que las fibras de alta rigidez (10, 11) no están presentes hasta la punta de la cubierta.
- 30 7. Pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que por lo menos la mitad radialmente más interior de la cubierta (1) está sustancialmente libre de las fibras de alta rigidez (10, 11).
- 35 8. Pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que la cubierta (1) también está reforzada por fibras de baja rigidez que tienen un módulo de Young menor que las fibras de alta rigidez (11).
9. Pala de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada por el hecho de que las fibras de baja rigidez están presentes como fibras unidireccionales junto a las fibras de alta rigidez biaxiales (11).
- 40 10. Pala de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, caracterizada por el hecho de que las fibras de baja rigidez están presentes como fibras biaxiales en las regiones de la cubierta (1) que sustancialmente no tienen fibras de alta rigidez.
- 45 11. Pala de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizada por el hecho de que la cubierta (1) también está reforzada con fibras radiales que se extienden sustancialmente en la dirección radial.
12. Pala de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizada por el hecho de que las fibras radiales son fibras de baja rigidez.
- 50 13. Pala de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizada por el hecho de que las fibras de baja rigidez son fibras de vidrio E.
14. Pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que las fibras biaxiales están orientadas en un ángulo entre 40 y 50° respecto al eje principal.
- 55 15. Pala de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, caracterizada por el hecho de que las fibras biaxiales están orientadas en un ángulo de sustancialmente 45° respecto al eje principal.

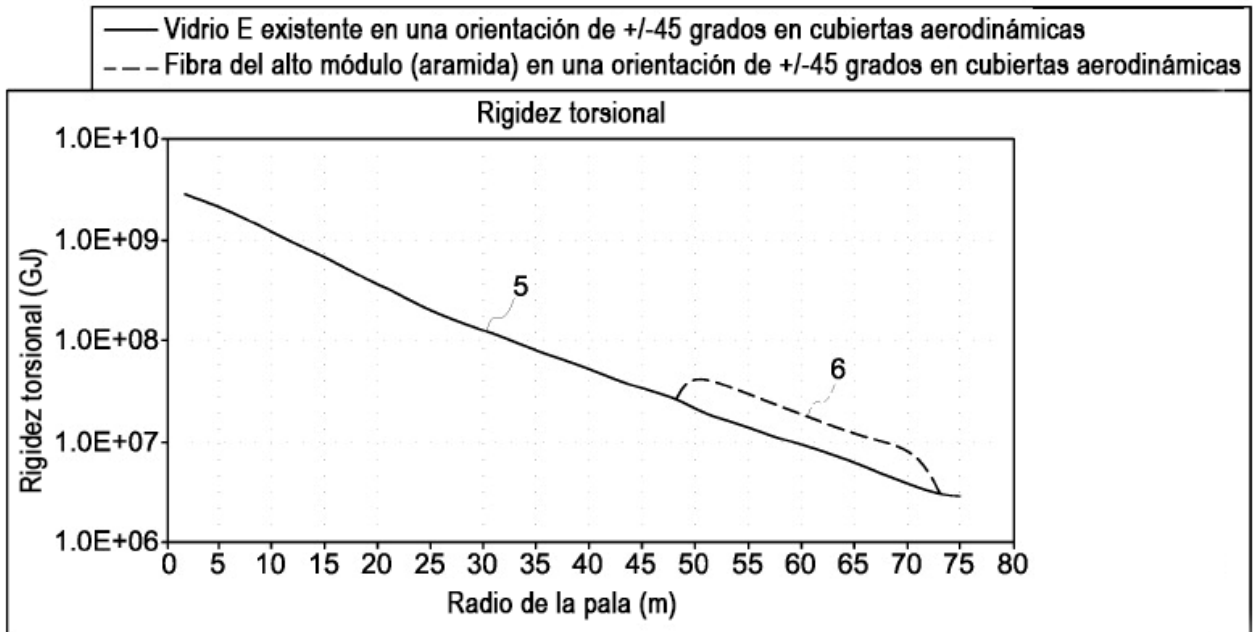


FIG. 1

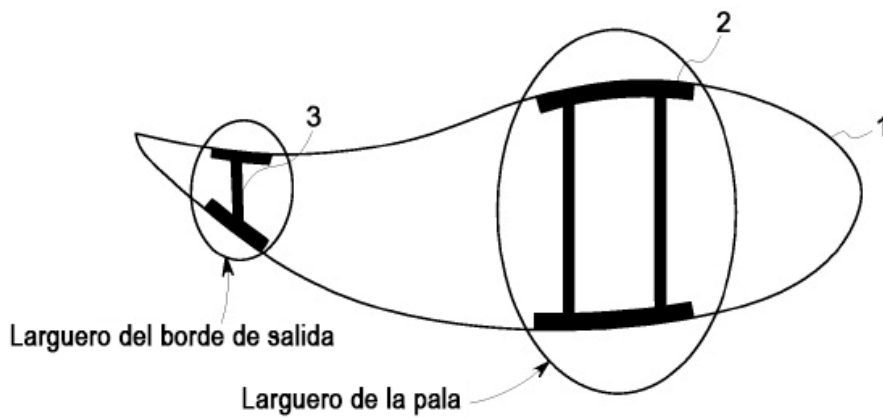


FIG. 2

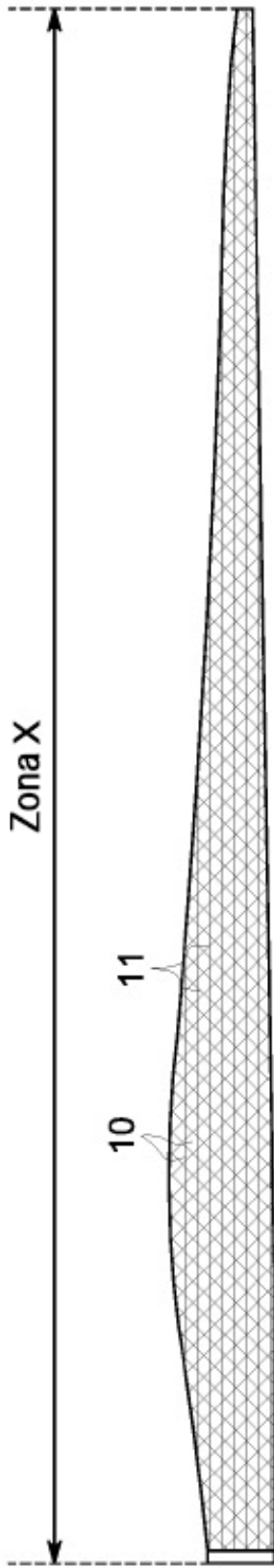


FIG. 3

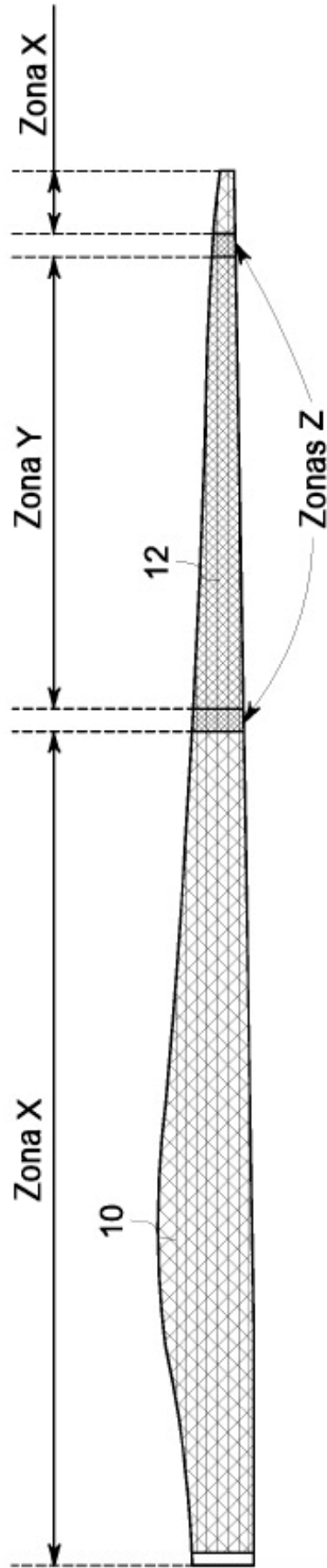


FIG. 4

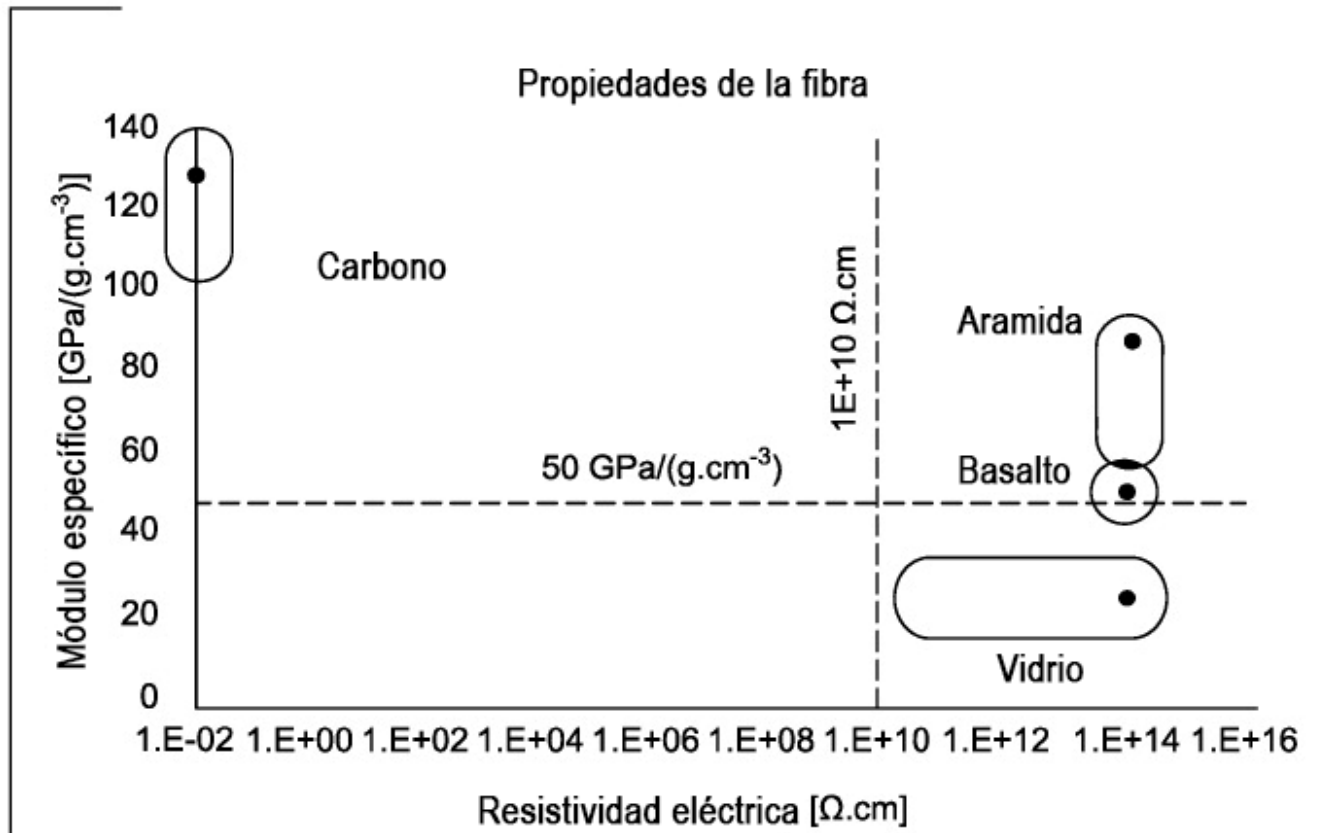


Figura 1 - Propiedades aproximadas para fibras

Tabla 1 - Propiedades aproximadas para fibras

		Carbono	Vidrio E	Aramida	Basalto
Resistividad eléctrica	Ω.cm	1,00E-02	4,00E+14	5,00E+14	4,00E+14
Rigidez	GPa	230	70	130	90
Densidad	g.cm ⁻³	1,8	2,56	1,44	1,7
Módulo específico	GPa/(g.cm ⁻³)	128	27	90	53

FIG. 5