

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 793**

51 Int. Cl.:

**C08K 7/04** (2006.01)

**H01Q 17/00** (2006.01)

**H05K 9/00** (2006.01)

**C08K 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2010 E 10713696 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2411462**

54 Título: **Composición absorbente de campo magnético**

30 Prioridad:

**27.03.2009 GB 0905312**

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

**15.09.2016**

73 Titular/es:

**QINETIQ LIMITED (100.0%)  
Cody Technology Park Ively Road  
Farnborough, Hampshire GU14 0LX, GB**

72 Inventor/es:

**BRYANT, RICHARD;  
FIXTER, GREG PETER WADE;  
HUSSAIN, SHAHID y  
VAUGHAN, ADRIAN SIMON THOMAS**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 582 793 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

Composición absorbente de campo magnético

5 Esta invención se relaciona con el campo de una composición absorbente de campo electromagnético (EM), en particular, aquellas capaces de suministrar absorbancia en la frecuencia de radar comercial. La composición encuentra uso particular como un recubrimiento absorbente de radar para aerogeneradores, en particular para uso en ambientes terrestres y marítimos. Se suministran adicionalmente superficies recubiertas que comprenden la composición, métodos para absorber la radiación EM, y métodos de uso de tal composición, de tal manera que la superficie recubierta en la  
10 composición es capaz de absorber radiación EM.

Los aerogeneradores interfieren con los sistemas de radar, conduciendo a errores en la detección de otros objetos. Los sistemas de radar trabajan al enviar pulsos de energía electromagnética, que son reflejados de los objetos que los controladores desean detectar, tal como la ubicación de una aeronave. El controlador debe distinguir los objetos de las señales parásitas, es decir, retornos no deseados, tales como reflejos de aerogeneradores y construcciones, así como también otro ruido de trasfondo. Por lo tanto, reducir la energía reflejada de las torres de aerogeneradores puede reducir su impacto adverso sobre los sistemas de radar y conducir a un incremento en su uso.  
15

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se suministra una composición absorbente de radiación electromagnética que comprende un relleno de carbono que comprende elementos de carbono alargados con una dimensión más larga promedio en el rango de 100 a 150 micras, con un grosor en el rango de 1 a 15 micras, caracterizada por que el contenido de relleno de carbono está presente en el rango de 1 a 20% en volumen seco, en un ligador no conductor.  
20

Los absorbentes de la invención son absorbentes de banda estrecha, típicamente menores de 1GHz en ancho de banda, y así son particularmente inadecuados para uso en aplicaciones militares, que requieren absorción de radar de banda ancha. Así los rellenos dieléctricos, tal como los elementos de carbono alargados cuando se suministran en una composición de acuerdo con la invención no son adecuados para aplicaciones de absorción de radar de banda ancha.  
25

Los porcentajes en volumen anteriores y posteriores se definen como un porcentaje en volumen de la composición seca final (es decir, sin solvente). Sin embargo, con el fin de facilitar que la composición sea depositada o aplicada en la forma de un recubrimiento, es decir, una o más capas, puede estar presente un solvente. Puede ser deseable agregar suficiente solvente de tal manera que la composición se pueda aplicar para lograr el grosor de recubrimiento seco final requerido con el fin de absorber en la frecuencia de radiación incidente. La composición puede comprender una formulación líquida antes de aplicación, y estará preferiblemente en la forma de unos preferiblemente elementos de carbono alargados presentes en el rango de 1 a 15% en volumen seco, más preferiblemente de 2 a 10% en volumen seco. Por contenido total del relleno de carbono se significa el volumen en porcentaje total del relleno de carbono en la composición. La adición de rellenos de carbono por fuera del rango reivindicado puede conducir a partículas traslapantes y reflejo en lugar de  
30

Los elementos de carbono alargados tienen una dimensión más larga promedio en el rango de 100 a 150 micras (asumiendo una distribución normal). Cuando los métodos de procesamiento dan origen a otras distribuciones de tamaño de elemento, no más del 25% en peso de los elementos de carbono alargados deben exceder 500 micras. Se ha mostrado de manera exitosa que los elementos de carbono alargados que están en el rango de 100 a 300 micras y están presentes en el rango de 0.5 a 20% absorberán la radiación en lugar de reflejar la radiación entrante.  
35

Los elementos de carbono alargados preferiblemente tienen un grosor promedio en el rango de 1 a 15 micras; más preferiblemente el grosor promedio está en el rango de 1 a 10 micras, o aún 5 a 10 micras. En una disposición preferida los elementos de carbono alargados tienen un índice de grosor promedio a dimensión más larga promedio de 1:10 a 1:25. Las partículas esféricas y las fibras de carbono picadas, tales como aquellas preparadas mediante fibras continuas picadas, que producen típicamente fibras en la región de 4 mm a 6 mm (4000 a 6000 micras), suministran típicamente composiciones reflectivas y así tanto los tipos de carbono esféricos como picados son indeseables, tal como se destaca con mayor detalle adelante.  
40

Los elementos de carbono alargados pueden tener cualquier forma en sección transversal, preferiblemente los elementos de carbono alargado son fibras de carbono. Las fibras de carbono son típicamente preparadas de fibras continuas sustancialmente cilíndricas que se maquinan a la longitud deseada. Preferiblemente los elementos de carbono alargado son fibras de carbono que se han maquinado a la longitud deseada. El método de maquinado que se utiliza típicamente para producir los elementos de carbono alargados en el rango deseado de acuerdo con la invención es la molienda.  
45

Un recubrimiento de la composición seca de acuerdo con la invención es particularmente adecuada para suministrar un recubrimiento absorbente de radar de banda estrecha para aerogeneradores, especialmente aerogeneradores que estén ubicados en ambientes marinos. La composición cuando se aplica a una superficie, tal como, por ejemplo un aerogenerador, en el grosor seleccionado puede reducir las reflexiones del radar. La reducción de estas reflexiones reduce el impacto de la estructura sobre la operación de control de tráfico aéreo cercano (ATC), defensa aérea (ADR), meteorológica (MR) y radares de navegación Marina (MNR). La composición de acuerdo con la invención encuentra uso  
50  
55  
60  
65

particular para absorber frecuencias de radar conocidas de fuentes locales conocidas, tales como los sistemas de energías renovables, tales como las fincas eólicas, pueden ser mas fácilmente ubicadas cerca a instalaciones de radar existentes.

5 Los materiales absorbentes de radar convencional comprenden formulaciones que contienen materiales ferromagnéticos, y así son muy susceptibles a la oxidación durante su tiempo de vida. Por lo tanto una ventaja de la presente invención es que la composición absorbente no se oxida, ya que los elementos de carbono alargado no son capaces de reaccionar con el aire y la humedad. Es bien conocido que la formación de óxido se acelera en la presencia de agua salina; de esta manera la composición de acuerdo con la invención es particularmente útil en ambientes costeros.

10 Las composiciones absorbentes electromagnéticas basadas en materiales electromagnéticamente activos dentro de una composición para interactuar con el campo electromagnético en el que inciden. El procesamiento de los materiales electromagnéticamente activos es complejo y requiere control sobre los componentes eléctrico y magnético dentro de dichos materiales, de tal manera que ellos puedan entonces interactuar con los componentes de campo eléctrico variante y campo magnético asociados con la entrada de campos electromagnéticos. La composición de acuerdo con la invención no requiere ningún control del componente magnético en el material.

15 Los requisitos electromagnéticos de los materiales absorbentes de radar (RAM) están bien establecidos. El primer requerimiento es maximizar la radiación electromagnética que entra a la estructura, al minimizar la reflexión de cara frontal. Esto se logra si los componentes real e imaginario de la permitividad compleja,  $\epsilon$ , y la permeabilidad,  $\mu$ , son separadamente iguales, tal como se deriva de la condición de acoplamiento de impedancia perfecta. El segundo requisito es que la señal esté suficientemente atenuada una vez que la radiación ha ingresado al material. Esta condición se cumple para valores altos de permitividad imaginaria y permeabilidad, los cuales por definición suministran la contribución a la pérdida dieléctrica y magnética respectivamente. Esta invención se relaciona con el uso y control de pérdidas dieléctricas por la selección estrecha de la dimensión más larga promedio (es decir la longitud) del elemento de carbono alargado y su inclusión porcentual dentro de dicha composición.

20 El grosor de un recubrimiento de composición seca puede ser preferiblemente seleccionado en el rango de  $\lambda/3$  a  $\lambda/5$  de la longitud de onda de la frecuencia resonante de la radiación incidente, más preferiblemente en la región de un cuarto de la longitud de onda ( $\lambda/4$ ) de la frecuencia resonante de la radiación incidente.

30 De acuerdo con esto se suministra una superficie absorbente de frecuencia de radar, estructura o cuerpo o porciones del mismo que comprende al menos un recubrimiento seco de acuerdo con la invención. En una disposición preferida el grosor de dicho recubrimiento es un cuarto de la longitud de onda ( $\lambda/4$ ) de la frecuencia resonante de la radiación incidente a ser absorbida.

35 Más precisamente se observa la relación debajo en la formula (I):

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Fórmula I

40 Donde  $\lambda$  corresponde a la longitud de onda en el recubrimiento de la composición seca, donde  $\lambda_0$  es la longitud de onda de espacio libre y  $\epsilon$  y  $\mu$  son la permitividad y la permeabilidad del recubrimiento de la composición seca de acuerdo con la invención. Nominalmente la permeabilidad es aproximadamente 1 (espacio libre) para las fibras de carbono ya que las fibras no poseen ninguna propiedad magnética.

45 Las propiedades dieléctricas intrínsecas del recubrimiento de la composición seca de acuerdo con la invención se pueden describir mediante la constante dieléctrica compleja o permitividad efectiva.

$$\epsilon(\omega) = \epsilon'(\omega) - i.\epsilon''(\omega)$$

50 Donde  $\epsilon'$  y  $\epsilon''$  son los componentes real e imaginario de la permitividad,  $\epsilon$ , respectivamente y  $i = \sqrt{-1}$  el término  $\epsilon'$  se asocia con el almacenamiento de energía y  $\epsilon''$  se asocia con la pérdida o disipación de energía dentro de un material. La capacidad para absorber radiación de radio EM o de microondas es dictada por los componentes real e imaginario óptimos de la permitividad que está siendo obtenida.

55 Las propiedades dieléctricas del recubrimiento de la composición seca de acuerdo con la invención dependen de la microestructura formada dentro de dicho recubrimiento. Las partículas de carbono esféricas tienden a formar grupos aislados dentro de una estructura de compuesto, que conduce a una conductividad relativamente baja y a una pérdida dieléctrica ( $\epsilon''$ ), que es insuficiente para la absorción de ondas electromagnéticas. El uso de fibras de carbono picadas, cuya longitud promedio es mayor de 4 mm, requiere unas cargas relativamente bajas (<1% en volumen) con el fin de

conducir a unas redes eléctricamente conectadas y a una reflexión concomitante en lugar de absorbancia. Por lo tanto, tanto las partículas esféricas como las fibras de carbono cuya longitud promedio es mayor de 4 mm, son inadecuadas para suministrar composiciones absorbentes efectivas.

5 El grosor requerido del recubrimiento seco de la composición de acuerdo con la invención se selecciona dependiendo de la frecuencia/longitud de onda de la radiación incidente, tal como se mencionó anteriormente. Con el fin de controlar cuidadosamente el grosor el recubrimiento de la composición se puede moldear en la forma de una película aplicada que se ha preparado bajo condiciones controladas para el grosor seleccionado. Alternativamente, la composición se puede aplicar directamente a una estructura existente, tal como por ejemplo, un aerogenerador mediante métodos conocidos  
10 tales como, por ejemplo, rociado, aplicación de rodillo o brocha. En una disposición preferida la aplicación se efectúa de tal manera que cada capa sucesiva se aplica sustancialmente de manera ortogonal a la capa precedente. Esto suministra una ventaja de que si durante la elaboración o mezclado de la formulación los elementos de carbono alargados sufren algún grado de alineamiento, entonces las aplicaciones subsecuentes aplicadas en orientaciones ortogonales maximizarán la absorbancia en todas la orientaciones de polarización de la radiación entrante.

15 En una disposición adicional el volumen porcentual del contenido de relleno de carbono total puede ser diferente en cada capa de aplicación sucesiva, y también se puede aplicar en una orientación ortogonal como se definió anteriormente.

20 Muchas estructuras y especialmente las torres de aerogenerador contienen grandes cantidades de metal o están construidas casi completamente de metal, lo que conduce a su interferencia con el radar. Cuando la superficie de dicha estructura es metálica la composición de acuerdo con la invención se puede aplicar directamente a la superficie de metal, ya que la estructura de metal sirve para suministrar una placa base reflectiva.

25 Cuando la superficie, estructura o cuerpo no está sustancialmente construido de metal, preferiblemente se suministra una placa base reflectiva electromagnética entre la superficie, estructura o cuerpo y el al menos un recubrimiento seco de acuerdo con la invención. Por lo tanto, donde la superficie externa de una estructura tal como, por ejemplo una torre de aerogenerador no está sustancialmente preparada de un metal y existe interferencia con el radar cercano, puede ser deseable suministrar una placa base reflectiva EM, tal como, por ejemplo, un recubrimiento reflectivo EM, una hojuela de metal o una pintura de escudo electromagnético (EM), directamente sobre la superficie de dicha torre, es decir, entre la superficie de la estructura y la composición de acuerdo con la invención, a suministrar. Uno de tales ejemplos de una  
30 pintura de escudo EM es la solicitud PCT del solicitante GB2009/000226.

35 El ligador no conductor se puede seleccionar de cualquier ligador comercialmente disponible; preferiblemente este se puede seleccionar de un ligador de acrilato (tal como, por ejemplo, metil metacrilato MMA), un ligador acrílico, un ligador epoxi, un ligador de uretano y acrílico modificado con epoxi, un ligador de poliuretano, un ligador basado en alquido, que puede ser un alquido modificado, o de ligadores basados en fluoropolímero, preferiblemente un ligador de poliuretano de dos partes.

40 Claramente los ligadores, espesantes y los agentes de dispersión tal como se utilizan rutinariamente en formulaciones de pintura típicas no son volátiles y por lo tanto típicamente no se perderán durante el curado, es decir, el proceso de secado. En contraste a los ligadores, el solvente que se agrega para ayudar a la deposición o aplicación se puede evaporar durante el proceso de secado.

45 Un número de espesantes y solventes, tal como, por ejemplo, aquellos utilizados de manera rutinaria en formulaciones de pintura, se puede agregar a la composición con el fin de mejorar el flujo durante la aplicación y mejorar su adherencia a diferentes superficies.

50 Muchas estructuras están pintadas para suministrar una apariencia visual placentera. La composición de acuerdo con la invención puede ser sobrepintada con una pintura decorativa adecuada. Se encuentra una ventaja particular cuando la capa más superior de la composición tiene un volumen porcentual inferior de carbono que la capa precedente, preferiblemente la capa más superior no tiene sustancialmente carbono, tal como, por ejemplo, una pintura no absorbente de EM comercial. La pintura no absorbente de EM tendrá una menor permitividad y por lo tanto suministra un mejor acoplamiento de impedancia al espacio libre. Esto reduce la reflexión de la radiación en la cara frontal, permitiendo penetrar más en la capa absorbente y ser absorbida.

55 En una disposición alternativa la composición de acuerdo con la invención puede además comprender un pigmento de pintura que está presente en el rango de 2 a 20% del volumen seco, preferiblemente presente en el rango de 5 a 10% en volumen del volumen seco. El pigmento estará presente en cantidad suficiente para suministrar color a la composición sin reducir las propiedades de absorción de dicha composición.

60 El pigmento de pintura tiene preferiblemente un diámetro de tamaño de partícula promedio en el rango de 150 a 500 nm, más preferiblemente un diámetro de tamaño de partícula promedio en el rango de 200-250 nm. El pigmento de pintura tendrá preferiblemente un tinte que reduce la potencia mayor de 1700, preferiblemente un tinte que reduce la potencia mayor de 1900. El pigmento de pintura puede ser un pigmento de pintura opaco, mas preferiblemente el pigmento de pintura es TiO<sub>2</sub>. El pigmento de pintura suministra un efecto de brillo y ayuda a reducir la necesidad de pintar sobre la composición de acuerdo con la invención con una pintura de color decorativa. Es deseable utilizar grados de TiO<sub>2</sub> que  
65

tengan una potencia reductora de tinte de al menos 1700, con un tratamiento superficial <18%, y un tamaño de cristal de 230 nm, preferiblemente pigmentos de TiO<sub>2</sub> de alta opacidad, que posean un tratamiento superficial con alumina-zirconia (<7%) y posean una potencia relativa reductora de tinte de 1900, un índice de refracción de 2.7 y un tamaño de cristal medio de 220 nm. Estos grados de alta opacidad de TiO<sub>2</sub> exhiben características de dispersión mejorada.

Puede ser deseable agregar pigmentos adicionales y/o tintes a la composición, tal como suministrar diferentes pinturas coloreadas. Puede haber uno o más pigmentos adicionales sin color o coloreados agregados a la composición, tales pigmentos adicionales pueden incluir, por ejemplo, pigmentos inorgánicos u orgánicos tales como óxidos de metal, ftalocianinas o pigmentos azo etc.

La extensión del cubrimiento de la composición seca sobre la superficie, cuerpo o estructura dependerá de la extensión de la naturaleza reflectiva de la superficie, cuerpo o estructura. Será claro para la persona experta que se logrará mayor absorción si la superficie completa, cuerpo o estructura está recubierta con la composición.

De acuerdo con esto, se suministra adicionalmente un método para suministrar absorción de radiación electromagnética a una frecuencia seleccionada sobre una estructura superficial o cuerpo o porciones del mismo, que comprenden la etapa de determinar la frecuencia seleccionada, aplicando al menos un recubrimiento de dicha composición a un grosor que se absorba selectivamente en dicha frecuencia o una película aplicada con un grosor que se absorba selectivamente en dicha frecuencia a un primer lado de dicha estructura de superficie o cuerpo o porciones del mismo, y opcionalmente a un segundo lado.

La absorbancia solamente se necesitará que ocurra a la frecuencia seleccionada de una fuente de radar cercana. Los sistemas de radar típicos operan a frecuencias muy precisas, en lugar de banda ancha. Las frecuencias típicamente descansan en el rango de 0.1 a 20 GHz.

De acuerdo con esto, se suministra el uso de una composición de acuerdo con la invención, en donde la composición se aplica a una superficie, estructura o cuerpo o porciones del mismo a un grosor seleccionado con el fin de suministrar un recubrimiento capaz de absorber radiación electromagnética a una frecuencia seleccionada.

Las realizaciones de la invención se describen adelante por vía de ejemplo solamente y con referencia a los dibujos que la acompañan en los cuales:

La Figura 1a y la Figura 1b muestran gráficas del componente real de permitividad y el componente imaginario de permitividad (pérdida dieléctrica), respectivamente para tres diferentes relaciones de aspecto de elementos de carbono.

Las Figuras 2a a 2e muestran gráficas de la permitividad de fibras de carbono molidas dispersadas en poliuretano (PU) a diversos porcentajes llenados por volumen.

La Figura 3 muestra una gráfica de la reflexión y la transmisión a través de una muestra compuesta de fibras de carbono molido dispersadas en PU a 0.5% en volumen.

La Figura 4 muestra una gráfica de la reflexión y transmisión a través de una muestra compuesta de fibras de carbono molido o dispersadas en PU a 20% en volumen.

La Figura 5 muestra una gráfica de la reflectividad de un absorbente de 3 GHz.

La Figura 6 muestra una gráfica de la reflectividad de un absorbente de 9.4 GHz

Regresando a las Figuras 1a y 1b, la Figura 1a muestra una gráfica del componente real de permitividad para (i) partículas esféricas 20% en volumen en cera, línea 1a, (ii) fibras de carbono de acuerdo con la invención, 6% en volumen en PU, línea 2a y (iii) fibras picadas 1% en volumen en PU, línea 3a. El uso de cera en lugar de PU, como el ligador inerte para las partículas esféricas no altera la permeabilidad/permitividad, y así no cambia la efectividad de las formulaciones como un absorbente.

La Figura 1b muestra una gráfica del componente imaginario de la permitividad (pérdida dieléctrica) para (i) partículas esféricas 20% en volumen en cera, línea 1b, (ii) fibras de carbono de acuerdo con la invención, 6% en volumen en PU, línea 2b y (iii) fibras picadas 1% en volumen en PU, línea 3b. Los resultados se discuten en el experimento 1 adelante.

Las Figuras 2a a 2e muestran gráficas de la permitividad de fibras de carbono molidas dispersadas en PU sobre un rango de frecuencias, con diferentes índices de inclusión a 0.5% en volumen, 2% en volumen, 3% en volumen, 5% en volumen y 6% en volumen, respectivamente. Las gráficas 2a a 2e muestran que en la medida en que el volumen % de la fibra de carbono se incrementa, tanto el  $\epsilon'$  real (líneas superiores) como el  $\epsilon''$  imaginario (líneas inferiores) de la permitividad se incrementan.

Sin embargo, a menores niveles de inclusión, tal como la Figura 2a, se muestra que cuando la carga se reduce a 0.5% en volumen, se exhiben pobres niveles de pérdida (permitividad imaginaria). Esto significa que no existe un mecanismo

efectivo de disipación de energía dentro de la capa y por lo tanto un bajo volumen porcentual se puede considerar como inefectivo para la producción de materiales absorbentes de radar.

5 La Figura 3 muestra una gráfica de la reflexión, línea 5, y transmisión, línea 4, a través de una muestra compuesta de fibras de carbono molidas dispersadas en PU a 0.5% en volumen (muestra XC4343), Figura 3 muestra que cuando la muestra se carga con niveles muy bajos de fibra de carbono (aun en un rango de longitud altamente preferido) la composición posee baja reflectancia, línea 5 y es altamente transparente a la radiación incidente, es decir, debido a la falta de absorción.

10 La Figura 4 muestra una gráfica de la línea de reflexión 15 y transmisión, línea 14 a través de una muestra compuesta de fibras de carbono molidas dispersadas en PU a 20% en volumen (muestra XC4344). Como se puede ver una carga de 20% en volumen produce un desempeño cercano similar al metal, conduciendo un material reflectivo (valor de alta reflectancia, como se indica por la línea 15), con solamente un nivel bajo de absorción. Ya que el volumen porcentual se incrementa más allá del 20% en volumen, la composición se moverá hacia un reflector perfecto, y así se suministrará poca o ninguna absorbanca.

15 La Figura 5 muestra una gráfica de la reflectividad de una composición que se ha formulado y depositado a un grosor seleccionado para absorber específicamente a 3 GHz. La composición (muestra XC4332) comprende fibras de carbono molida dispersadas en PU a 5.5% en volumen. La composición se depositó sobre la superficie de ensayo a un grosor de 4mm ( $\lambda/4$ ). La gráfica muestra buena absorción a más del 99% (ver Tabla 5), con una absorción máxima ocurriendo en la región de 3 GHz.

20 La Figura 6 muestra una gráfica de reflectividad de una composición que se ha formulado para absorber específicamente a 9.4 GHz. La composición (muestra XC4288) comprende fibras de carbono molida dispersadas en PU a 5.0% en volumen. La composición se deposita sobre la superficie de ensayo a un grosor de 1.5mm ( $\lambda/4$ ). La gráfica muestra buena absorción a más de 99.9% (ver Tabla 5) con la absorción máxima ocurriendo en la región de 9.4 GHz.

Experimento 1

25 Se prepararon tres composiciones que contienen cada una partículas de carbono con diferente forma, de acuerdo a la Tabla 1, de adelante.

Tabla 1 Elementos de carbono con diferente forma en un ligador no conductor

Figura 1a y 1b	Tipo de elemento	Dimensión promedio	Elemento seco % en vol	Ligador
Línea 1	Partículas esféricas	2-12 micras(diámetro)	20% volumen	Cera
Línea 2	Carbón molido	7 micras (diámetro) 100-150 micras (longitud)	6%vol	Poliuretano
Línea 3	Carbono picado	7 micras (diámetro) 600 micras (longitud)	1%vol	Poliuretano

35 Los resultados de las formulaciones anteriores se muestran en las gráficas en las Figuras 1a y b. Las gráficas muestran que en la medida en que la relación de aspecto se incrementa, es decir, de longitudes de fibra esférica a molidas a picadas, la tangente de pérdida dieléctrica (relación de componente imaginario a real,  $\epsilon''/\epsilon'$  se incrementa y la carga requerida para lograr la absorbanca disminuye debido a la conectividad mejorada.

40 Para producir un absorbente efectivo se requiere que los valores correctos de los componentes real o imaginario de permitividad, por ejemplo, materiales con bajos valores de permitividad imaginaria producen baja pérdida de conducción y por lo tanto no poseen un mecanismo para absorber efectivamente. Esto se muestra por los resultados para partículas de carbono esféricas, líneas 1a y 1b, en las Figuras 1a y 1b, respectivamente

45 Por el contrario, los materiales con altos valores de componente real de permitividad producen alta impedancia con relación al aire. El desajuste de impedancia en la superficie del material origina que se refleje la radiación electromagnética. De manera similar, los materiales que poseen altas tangentes de perdida ( $\epsilon''/\epsilon' > 1$ ), similares a los resultados para las fibras de carbono picadas, líneas 3a y 3b en la Figura 1a y 1b, respectivamente, no son idealmente adecuadas para absorción de microondas.

50 Mientras que los elementos de carbono alagados que se suministran en las dimensiones (longitud) y rangos de inclusión de acuerdo con la invención, suministran óptima compensación entre los componentes real e imaginario de permitividad, como se muestra en las líneas 2a y 2b, en la Figura 1a y 1b respectivamente.

La absorción de una composición de acuerdo con la invención que comprende elementos alargados cuando se suministran en el rango preferido se demuestran mediante los resultados de absorción de microondas dados en la Figuras 5 y 6. Las propiedades de dichos elementos alargados en la composición de acuerdo con la invención se pueden atribuir a la selección de rango estrecho de longitud de fibras en combinación con su inclusión en volumen porcentual para optimizar sus acoplamientos resultantes al campo electromagnético aplicado. El acoplamiento se incrementa en la medida en que se incrementa el tamaño de la fibra con un cambio resultante en la permitividad. Sin embargo, a longitudes que se aproximan de 4mm a 6mm en el modo primario de interacción sea uno de reflexión como se muestra en las fibras picadas líneas 3a y 3b en las Figuras 1a y 1b, respectivamente.

5

10

Experimento 2

Preparación de muestra XC4332

15

La composición se preparó con fibras de carbono molidas cuya longitud promedio fue de 100-150 micras, diámetro 7 micras. Las fibras se incorporaron 5.5% en volumen dentro de un material ligador de poliuretano base.

Tabla 2 que muestra la formulación del polímero base

Componente	Índice equivalente	Peso equivalente
PTMEG 1000	1.0	501.79*
Trimetilol propano	0.2	44.7
Isonato M143	1.26	144.83*

20

Tabla 3 que muestra los componentes adicionales del sistema de material

Aditivo	Como un % en peso del PTMEG y TMP en la Parte B	Como un % en volumen del polímero
Silcolapse	0.12	-
Fibras de carbono molidas	15.95	5.5
*Valores típicos		

El material se fabrica utilizando una ruta de "cuasi prepolímero". La Parte B consiste de dos partes de Isonate M143 a una parte de PTMEG en masa. El restante (politetrametilenglicol 1000) PTMG se agrega a la Parte A para ayudar con la mezcla.

25

Formulación XC4332

Peso en gramos

PARTE A

30

PTMG 1000

192.53

Trimetilolpropano

5.34

Silcolapse 430/BYK 085

0.30

35

Fibras de carbono molidas

40.10

PARTE B

40

PTMEG 100

54.55

Difenilmetanodiisocianato (isonato M143)®

1.09.09

La Parte A se mezcla con la Parte B en la proporción 100:56 en peso.

45

Mezclar parte A

La mezcla se efectúa utilizando un mezclador de bajo corte (por ejemplo un mezclador planetario Molteni). El TMP se puede predisolver en una pequeña cantidad de PTMEG para ayudar con la mezcla de la Parte A.

5 La mezcla se coloca bajo vacío a al menos 5 mbar hasta que se desgasifica completamente. El tiempo de mezcla depende del tipo de equipo y de la cantidad de material, pero debe ser suficiente para lograr un producto homogéneamente disperso, libre de aglomerados sólidos. Se debe tener cuidado de asegurar que el proceso de mezcla no afecte significativamente la densidad final del material.

Mezclar parte B

10 El PTMEG seco se calienta a 60°C y se desgasifica durante dos horas a presión reducida de 5mbar inmediatamente antes de uso. El PTMEG se agrega luego al Isonato®, con agitación, y la mezcla se calienta a 60°C durante 4 horas a una presión reducida de 5mbar.

15 La composición se depositó como una película aplicada con un grosor de 4mm (panel 300x300mm)

Experimento 3

20 Las mediciones, como se muestra en la tabla 4 y 5 de adelante, fueron asumidas utilizando una disposición de un sistema de antena enfocada. Las composiciones fueron elaboradas mediante fundido, es decir, formando una película aplicada al grosor deseado, pero pueden ser alternativamente aplicadas utilizando tecnología de pintura de rociado o arrastre, como se definió anteriormente. Los materiales de muestra de ensayo aplicados se hicieron a dimensiones de 300 mm x 300 mm, con diferentes grosores.

25 El equipo comprendió un analizador de red de vector Anritsu 37397C conectado a antenas de microondas corrugadas. Las antenas fueron enfocadas por espejos al plano medio, donde se ubicaron las muestras de ensayo. La configuración de la antena enfocada se utilizó para medir la dispersión compleja, S, los parámetros asociados con la transmisión y la reflexión de las muestras de ensayo, de las cuales la permitividad,  $\epsilon$  se obtuvo utilizando un método Nicholson and Ross [Pitman K C, Lindley M W, Simkin D and Cooper J F 1991 Radar absorbers: better by design IEE Proc.-F 138 223].

30 Para las mediciones de reflectividad, tal como aquellas en las Figuras 5 y 6 respectivamente, se aplicó un plano de respaldo metálico a las muestras de ensayo y un conjunto similar de mediciones llevadas a cabo para determinar el grado de absorción (es decir la reflectividad reducida) de las muestras de ensayo.

35 Los elementos de carbono alargados fueron las mismas fibras de carbono molidas como se definieron en el experimento 2 anterior. Se prepararon las siguientes composiciones de manera análoga aquellas en el experimento 2, con diferente inclusión en volumen porcentual de las fibras molidas.

Tabla 4 que muestra diferentes inclusiones % en vol (seco) de fibras de carbono molidas en una mezcla PU.

40

Número de muestra	Fibra de carbono (% en vol) en PU	Grosor de recubrimiento/mm	$\epsilon'$	$\epsilon''$
XC4343 (Figura 2a) Figura 3	0.5	1( $\pm$ 0.2)	4 a 15GHz	0.5 a 15GHz
XC4285 (Figura 2b)	2	1.2( $\pm$ 0.2)	14 a 10GHz	1.7 a 10GHz
XC4286 (Figura 2c)	3	1.2( $\pm$ 0.2)	26 a 10GHz	3.8 a 10GHz
XC4288 (Figura 2d)	5	1.4( $\pm$ 0.3)	33 a 10GHz	6.1 a 10GHz
XC4332 (Figura 5)	5.5	4( $\pm$ 0.3)		
XC4297 (Figura 2e)	6	4( $\pm$ 1)	38 a 10GHz	13.3 a 10GHz
XC4344 (Figura 4)	20	1.7( $\pm$ 0.5)		

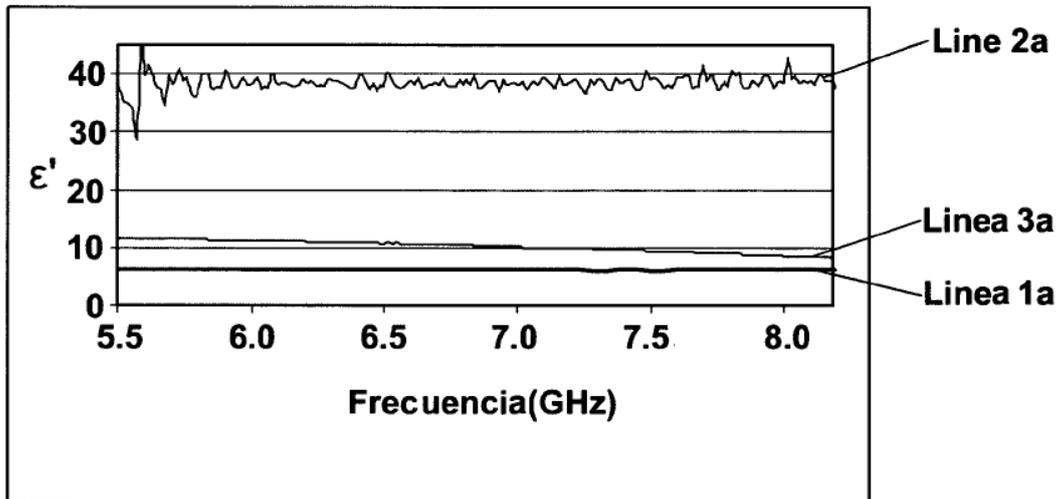
Tabla 5 muestra reflexión y transmisión para diferentes tipos de muestra

Número de muestra (fibra de carbono % en vol en PU)	Grosor de recubrimiento /mm	Muestra medida sin respaldo de metal (resultados a 15GHz)					Muestra medida con respaldo de metal			
		Reflexión		Transmisión		Absorción	Posición de la pérdida pico	Reflectividad pico		Absorción
		dB	%	dB	%	%		GHz	dB	%
XC4343 (0.5 vol%)	1 (±0.2)	7.6	17	1.4	72	11				
XC4285 (2 vol%)	1.2 (±0.2)	2.0	63	5.8	27	10	16	9.2	12	88
XC4286 (3 vol%)	1.2 (±0.2)	1.8	66	7.3	18	16	12	15	3	97
XC4288 (5 vol%)	1.4 (±0.3)	4.7	34	7.0	20	46	9.4	33	0.05	99.95
XC4332 (5.5 vol%)	4 (±0.3)						3	21	0.8	99.2
XC4297 (6 vol%)	4 (± 1)	3.4	46	19.4	1	53				
XC4344 (20 vol%)	1.7 (±0.5)	1	80	36	0.03	20				

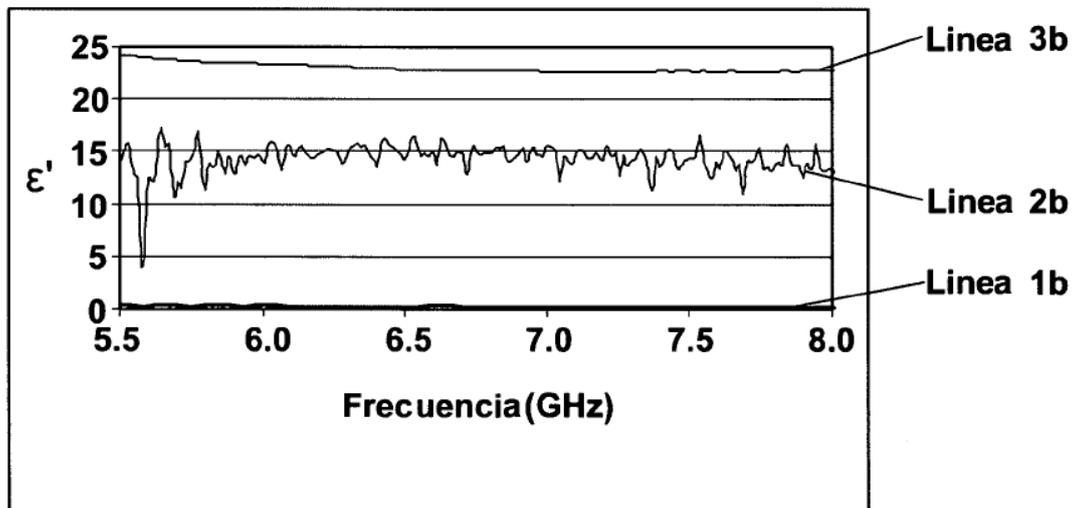
- 5 Los resultados en la Tabla 4 y Tabla 5 anterior, muestran que los resultados óptimos para un absorbente se logran al seleccionar un rango estrecho de inclusión de dichos elementos de carbono alargados, a saber mayores de 0.5% en volumen de inclusión y 20% en volumen o menos. Una reflectividad de 20 dB corresponde a 99% de señal incidente que es absorbida.
- 10 Las Figura 5 y 6 y los valores de absorbancia % en la Tabla 5 muestran que las fibras de carbono molidas, que tienen una longitud promedio y un volumen % de inclusión, suministrados en los rangos de acuerdo con la invención, dan origen a absorbentes efectivos.
- 15 La composición cuando se suministra al grosor prerequisite para suministrar absorbentes de 3GHz y 9.4 GHz, son simples ejemplos de absorbentes de frecuencia estrecha seleccionados, y por lo tanto la composición de acuerdo con la invención no se limita a estas frecuencias. La composición se puede depositar a otros grosores con el fin de reducir el desempeño óptimo a frecuencias alternativas.

Reivindicaciones

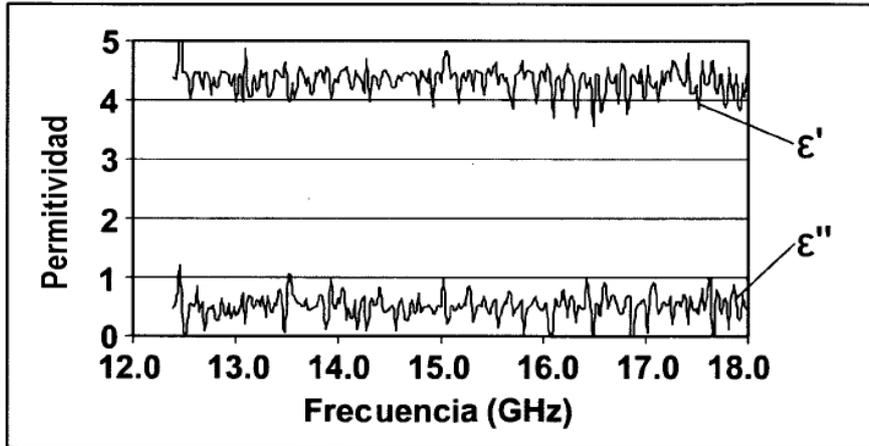
- 5 1. Una composición absorbente de radiación electromagnética que comprende un relleno de carbono que comprende elementos de carbono alargados con una dimensión más larga promedio en el rango de 100 a 150 micras, con un grosor en el rango de 1 a 15 micras, caracterizadas en donde el contenido de relleno de carbono total está presente en el rango de 1 a 20% en volumen seco, en un ligador no conductor.
- 10 2. Una composición de acuerdo a la reivindicación 1, en donde los elementos de carbono alargado están presentes en el rango de 2 a 10% en volumen seco.
3. Una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde los elementos de carbono alargados son fibras de carbono que se han maquinado a la longitud deseada.
- 15 4. Una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los elementos de carbono alargados son cilíndricos y tienen un diámetro en el rango de 5 a 10 micras.
- 20 5. Una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde los elementos de carbono alargados tienen un índice de dimensión de grosor promedio a dimensión más larga promedio de desde 1:10 a 1:25.
- 25 6. Una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde el ligador se selecciona de un acrilato, un ligador epoxi, un acrílico, un acrílico de uretano & epoxi modificado, un poliuretano, un alquido, un alquido modificado, o un fluoropolímero.
- 30 7. Una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde la composición es una formulación líquida y opcionalmente comprende un solvente.
- 35 8. Una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la composición está en la forma de un recubrimiento seco.
- 40 9. Una composición de acuerdo a la reivindicación 8, en donde dicho recubrimiento seco comprende al menos una o más subcapas, cada una de las cuales se ha aplicado separadamente en una dirección ortogonal a la capa precedente.
- 45 10. Una superficie absorbente de radar, estructura o cuerpo o porciones del mismo que comprenden al menos un recubrimiento seco de acuerdo a la reivindicación 8 o reivindicación 9.
- 50 11. Una superficie, estructura o cuerpo de acuerdo a la reivindicación 10, en donde el grosor de dicho recubrimiento es un cuarto de la longitud de onda ( $\lambda/4$ ) de la frecuencia resonante de la radiación incidente a ser absorbida.
12. Una superficie, estructura o cuerpo de acuerdo a la reivindicación 10 o reivindicación 11, en donde se suministra una placa base reflectiva electromagnética entre la superficie, estructura o cuerpo y al menos un recubrimiento seco de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9.
13. El uso de una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la composición se aplica a una superficie, estructura o cuerpo o porciones del mismo a un grosor seleccionado con el fin de suministrar un recubrimiento capaz de absorber radiación electromagnética a una frecuencia seleccionada.
14. Un método para suministrar absorción de radiación electromagnética a una frecuencia seleccionada sobre una estructura de superficie o cuerpo o porciones del mismo, que comprenden la etapa de determinar la frecuencia seleccionada, aplicar al menos un recubrimiento de la composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, a un grosor que absorbe selectivamente a dicha frecuencia o una película aplicada que comprende una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 con el grosor que se absorbe selectivamente a dicha frecuencia de acuerdo a la reivindicación 12, a un primer lado de dicha estructura de superficie o cuerpo o porciones del mismo, y opcionalmente a un segundo lado.



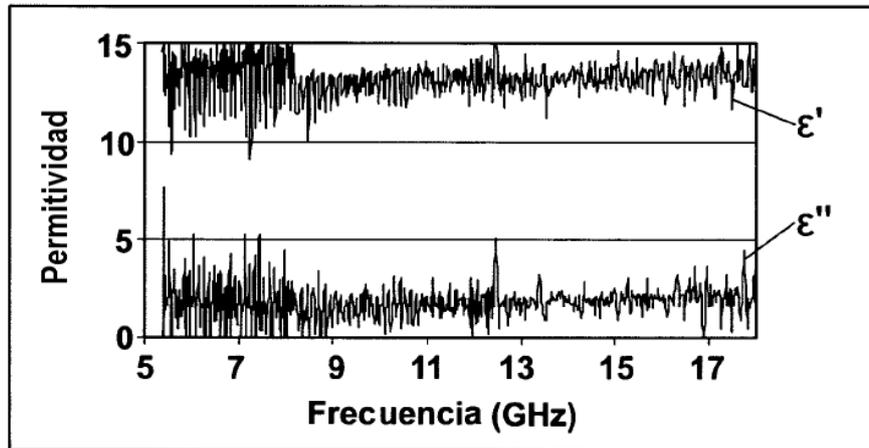
*Fig. 1a*



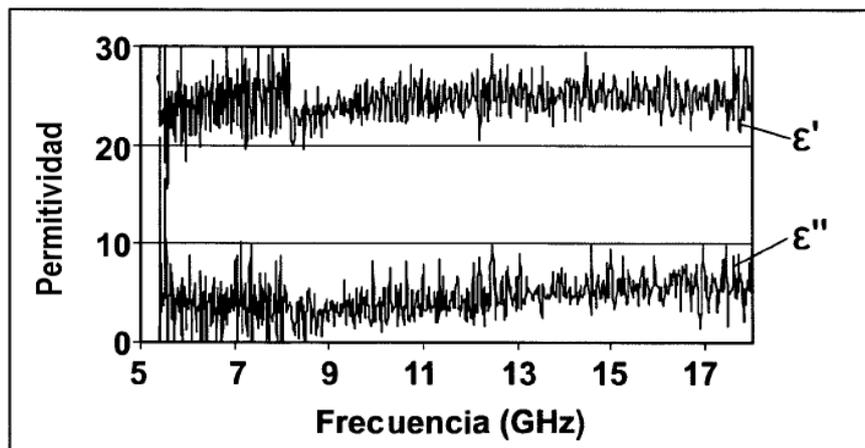
*Fig. 1b*



*Fig. 2a*

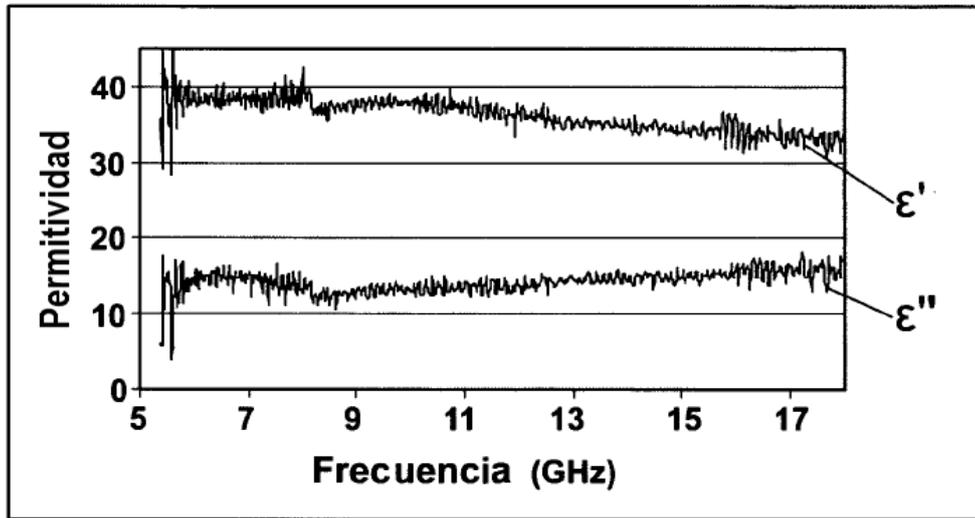


*Fig. 2b*

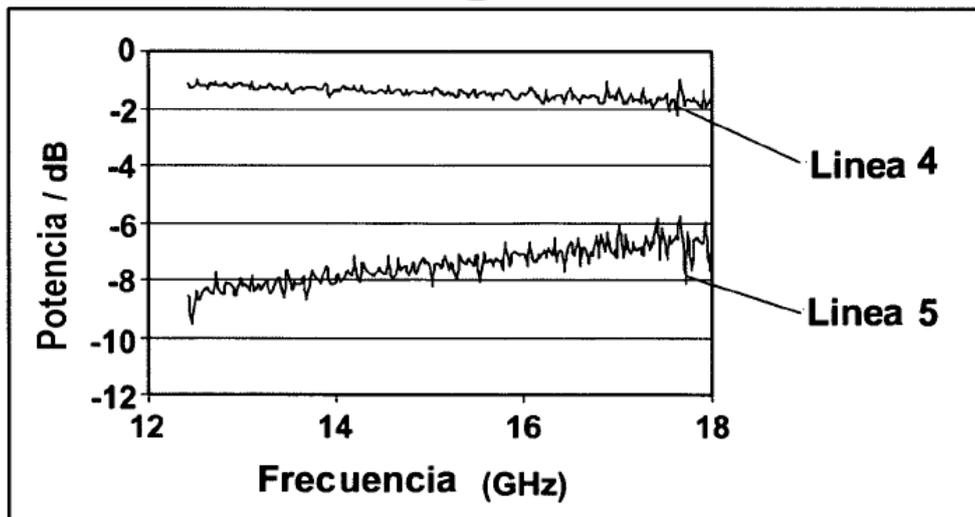


*Fig. 2c*

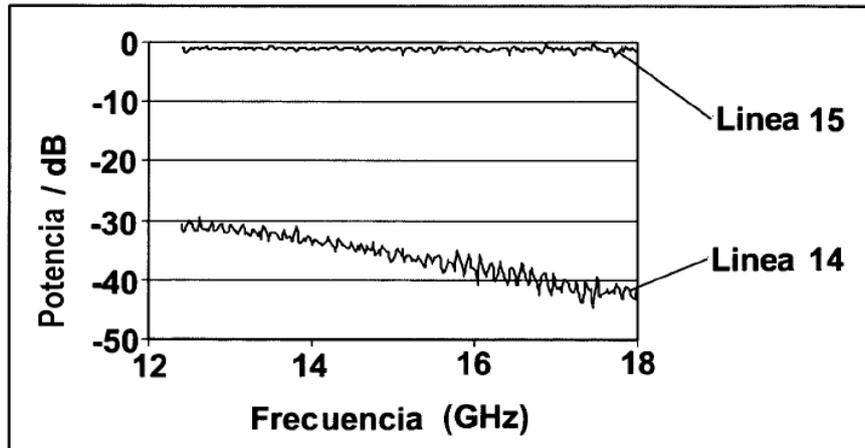
*Fig. 2d*



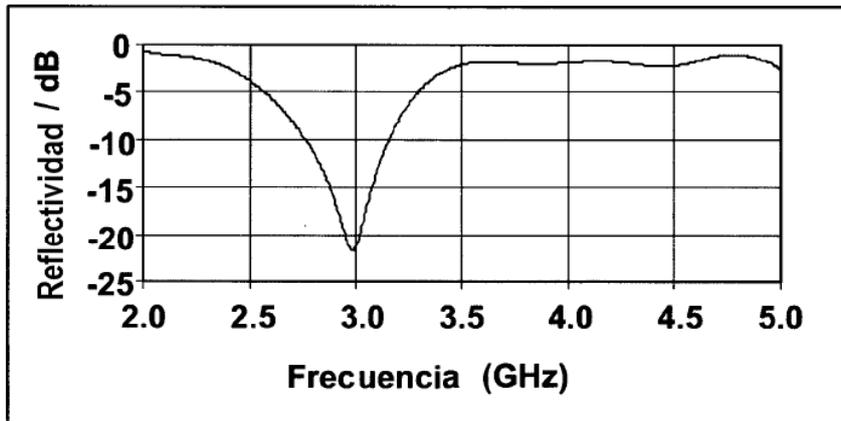
*Fig. 2e*



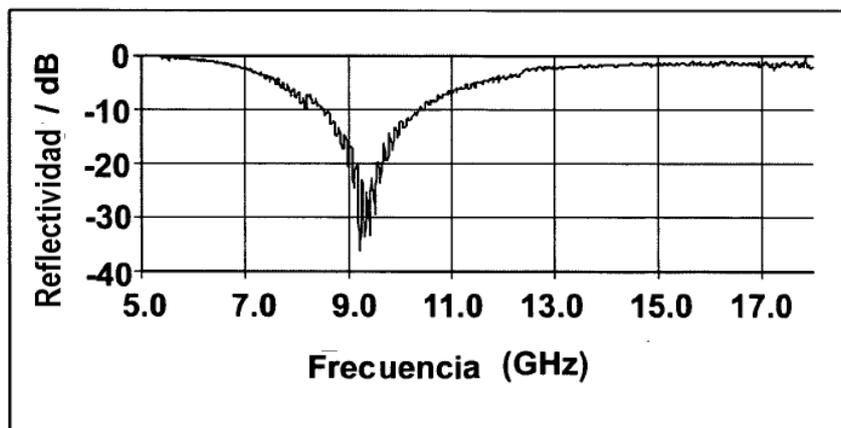
*Fig. 3*



*Fig. 4*



*Fig. 5*



*Fig. 6*