

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 008**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/90** (2006.01)

**G01S 13/02** (2006.01)

**H01Q 19/30** (2006.01)

**H01Q 1/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2009 E 09765284 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2464990**

54 Título: **Sistema radiante tridimensional asimétrico**

30 Prioridad:

**18.06.2008 BR PI0802273**

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

**17.12.2014**

73 Titular/es:

**ORBISAT DA AMAZÔNIA INDÚSTRIA E  
AEROLEVANTAMENTO S/A (100.0%)  
Avenida Codajás 211 Bairro Nova Cachoeirinha  
69065-130 Manaus AM, BR**

72 Inventor/es:

**MOREIRA NETO, JOÃO ROBERTO;  
HERNÁNDEZ FIGUEROA, HUGO ENRIQUE;  
REIS, EDSON CESAR DOS;  
CERQUEIRA SODRÉ JÚNIOR, ARISMAR y  
RODRIGUES BRIANEZE, JULIANO**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 525 008 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**

Sistema radiante tridimensional asimétrico.

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a la cartografía del terreno llevada a cabo por aeronaves equipadas con un sistema de radar y, más particularmente, la optimización de los patrones de irradiación de antena a través del uso de sistemas radiantes modificados.

10

Antecedentes de la invención

15 [0002] La necesidad de levantar un mapa de grandes áreas de terreno dentro de un periodo de tiempo limitado ha conducido a la adopción de técnicas basadas en sondeos del terreno hechos desde plataformas localizadas en posiciones altas en relación con la área que va a ser cartografiada. Una de estas técnicas se basa en el uso de fotografía aérea, que se captura a través de una cámara fotográfica, al menos dos imágenes, tomadas desde distintos puntos, que son luego interpolados mediante un equipamiento específico para proporcionar datos topográficos y modelos de elevación digital sobre la área de interés. La desventaja del uso de técnicas visuales es que dependen de las condiciones meteorológicas, principalmente de la ausencia de nubes entre la cámara  
20 fotográfica y el suelo. Dependiendo de la región y el momento del año, el ejercicio puede ser demasiado largo. Además, tomar imágenes fotográficas solo se puede hacer durante el día, e incluso de día, solo en momentos cuando no hay sombras pronunciadas.

25 [0003] El uso de ondas de radar para llevar a cabo tales estudios es altamente ventajoso, debido a que la propagación de ondas electromagnéticas en determinadas gamas de frecuencia no se ve afectada por las condiciones meteorológicas. Además, dado el hecho de que los sistemas de radar vienen con "iluminación" propia, los estudios se pueden realizar tanto durante el día como de noche.

30 [0004] La exactitud de las imágenes obtenidas por el radar depende del tamaño de la antena usada, es decir, antenas mayores (en términos de longitud de onda) proporcionan imágenes más detalladas. Así, para un tamaño físico dado de la antena, el uso de frecuencias más altas supondrían una antena "más grande" en cuanto a longitud de onda. No obstante, la propagación de señales electromagnéticas de frecuencias más altas puede ser obstaculizada por las condiciones meteorológicas, tal como, por ejemplo, la excesiva humedad en el aire. Si la  
35 evaluación de datos está hecha por radar utilizando técnicas tradicionales, produce un nivel insatisfactorio de calidad de imagen, debido a que el tamaño de las antenas está limitado por el tamaño del avión que lleva el equipamiento. Una solución que permite tratar esta limitación es el uso de técnicas de abertura sintética, conocido con el acrónimo SAR (Radar de Abertura Sintética). Esta técnica se basa en el movimiento de la antena de radar a lo largo de una trayectoria definida, durante la cual se emiten sucesivas señales de radar y se reciben ecos de retorno, que son  
40 luego procesados mediante técnicas informáticas para proporcionar imágenes de alta resolución.

[0005] El uso de la técnica SAR nos permite instalar las antenas y el equipo de radar en aeronaves de pequeño y medio tamaño, ya que la exactitud del mapeo está al margen de las dimensiones físicas de las antenas usadas.

45 [0006] Los mapeos realizados con la técnica SAR incluyen, por lo tanto, una serie de rutas de vuelo en paralelo, cobertura de la área de interés, y un posterior procesamiento de las señales recogidas.

[0007] En un sistema SAR convencional, la antena irradia en la dirección vertical, y las dimensiones del terreno cubierto dependen de la anchura del rayo de radiación usado. Las limitaciones inherentes en tal sistema reducen la gama de la área que se pueden explorar en cada vuelo, de forma que se exigen muchos vuelos paralelos para el  
50 mapeo de la área de interés.

[0008] Utilizando dos sistemas con los rayos radiantes señalando a los lados de la ruta de vuelo aumentarían la anchura de la banda del terreno cubierto en cada pasaje, reduciendo el número de pasajes y también el tiempo necesitado para completar el mapeo. Esta solución conduce al problema que los sistemas radiantes requieren alta direccionalidad para evitar interferencia mutua de los ecos recibidos por ambas antenas, esta condición es bastante difícil de ser obtenida en sistemas aerotransportados, ya que el tamaño del avión limita el tamaño físico de las antenas, y por lo tanto su directividad.

60 [0009] La *Publicación de Solicitud de Patente US2007103377 del Sistema de Antena con un Diagrama Direccional Controlado, un Transmisor-receptor y un Ordenador Portátil de Red* describe un sistema que comprende un sustrato plano (2) en la superficie del cual dos antenas planas Yagi (3) orientadas en direcciones opuestas se forman por impresión, cada una comprende un dipolo conducido (4) un reflector (5) y al menos dos directores (7). El diagrama direccional en el plano vertical se modifica ensamblando una antena adicional (44) encima del dicho sustrato (2) como se muestra en la Figura 11-a. Cuando una de las dichas antenas Yagi (40) es encendida simultáneamente con la antena adicional (44) los modelos de radiación correspondiente, respectivamente (41) y (42) se combinarán en un  
65

modelo de radiación asimétrica (43) donde no hay señal irradiada hacia el suelo. No obstante, la mayor parte de la energía irradiada se dirige sobre el horizonte, dejando esta señal inútil para fines de topografía por radar. Si la antena es verticalmente invertida, se obtendrá como resultado un modelo de radiación tal como la mostrada en la Figura 11-b. Sin importar el hecho de que ahora la mayor parte de la energía irradiada se concentra por debajo del horizonte, hay una cantidad sustancial de señal irradiada hacia el suelo (a 180°) que dará como resultado la interferencia mutua entre las señales recibidas por las antenas que apuntan a la derecha y las antenas que apuntan a la izquierda.

[0010] La *Publicación de Solicitud de Patente US2007229379 de Antena Digital UHF/VHF* enseña una Antena Digital UHF/VHF (DUV) configurada para recibir DTV en el rango VHF de 174 MHz a 216 MHz, y en el rango UHF de 470 MHz a 698 MHz, con una ganancia máxima a lo largo de un eje X. Como se muestra en la Figura 12, este comprende un dipolo conducido (20) y un conjunto de reflectores múltiples (85) colocados a lo largo de un soporte de refuerzo curvado (116) y transversal a éste; el soporte está formado como una parábola en un plano perpendicular al dicho dipolo conducido (20), el eje parabólico del repetidor hace un ángulo (R1; R2) de entre diez y cincuenta grados con el eje X. Para cuestiones de claridad, la figura muestra solo el conjunto superior de reflectores, se entiende que la antena se conforma como una antena reflectora angular modificada, por la cual la forma curvada de los reflectores realza la directividad de la antena, el diagrama direccional en el plano vertical es simétrico, que no es la mejor forma para técnicas de mapeo por radar.

#### Objetivos de la invención

[0011] En vista de lo anterior, el objetivo de la presente invención es proporcionar sistemas radiantes en los cuales las características direccionales están mejor adaptadas a las aplicaciones SAR que los sistemas conocidos en la técnica existente.

[0012] Otro objetivo es la provisión de antenas con un tamaño relativamente pequeño, que permita su fijación en aviones de tamaño pequeño o mediano.

#### Resumen de la invención

[0013] Los objetivos anteriores se consiguen de la forma como se establece en la reivindicación 1.

[0014] Según otra característica de la invención, el reflector de cada antena consta de una superficie conductiva sustancialmente plana.

[0015] Según otra característica de la invención, el elemento del dipolo de cada antena se alimenta mediante una línea de transmisión balanceada que comprende dos conductores paralelos al eje longitudinal de la antena, las extremidades proximales de dichos conductores están conectados a las terminales balanceadas de un balun de microstrip tal como se usa comúnmente en las antenas planas Quasi-Yagi (QY).

[0016] Según otra característica de la invención, el dicho balun es bajado 90° en relación al eje longitudinal de la antena y se modifica para que sea más compacto que el equivalente usado en una antena Quasi-Yagi (QY).

[0017] Según otra característica de la invención, el elemento de dipolo conducido al igual que los directores consisten en barras metálicas cilíndricas.

[0018] Según otra característica de la invención, dicha superficie del reflector es sustancialmente vertical, el eje longitudinal de la antena está perpendicular a dicha superficie y tumbado en una dirección sustancialmente horizontal.

[0019] Según otra característica de la invención, la estructura de la antena tridimensional resultante produce un modelo de radiación vertical asimétrica y un modelo sustancialmente simétrico en el plano acimutal.

[0020] Según otra característica de la invención, la asimetría del modelo de radiación vertical se proporciona mediante la divergencia vertical gradual de las posiciones de los elementos directores en relación al eje longitudinal de la antena.

[0021] Según otra característica de la invención, dichas antenas se localizan en lados opuestos del fuselaje de un avión usado como una plataforma, con sus ejes longitudinales señalando en direcciones horizontales opuestas a través el eje longitudinal del avión.

[0022] Según otra característica de la invención, dichos sistemas radiantes definen un mínimo de los modelos de radiación vertical hacia el suelo.

#### Breve descripción de los dibujos

[0023] Los objetivos anteriormente mencionados y otros objetivos, aspectos característicos y ventajas de la

invención se harán más evidentes a través de la descripción de una forma de realización preferida, dada como un ejemplo no limitativo y las figuras correspondientes, donde:

5 La Figura 1 ilustra el conjunto de irradiación que comprende dos sistemas radiantes fijados en el fuselaje de un avión.

La Figura 2 muestra con mayor detalle uno de los dichos sistemas radiantes.

10 La Figura 3 representa una de las antenas tal y como se ve desde arriba.

La Figura 4 es una vista lateral de la antena mostrada en la figura anterior.

La Figura 5 ilustra en detalle el balun asociado a cada antena

15 La Figura 6 muestra la anchura del rayo irradiado como una función de frecuencia, ambos en el acimut y en la elevación.

La Figura 7 es el modelo de radiación en la elevación, para una frecuencia de 400MHz.

20 La Figura 8 representa las curvas de rechazo de la antena mostrada en las figuras de la 1 a la 4, para ángulos entre 20° y 70° y señales de tres frecuencias diferentes.

La Figura 9 ilustra la ganancia de antena para tres disposiciones diferentes de los elementos directores.

25 La Figura 10 es una vista lateral de las posiciones de los directores en relación con el eje longitudinal de la antena, para una forma de realización específica de la invención.

30 Las Figuras 11-a y 11-b muestran dos modelos de radiación vertical para un sistema de la técnica anterior que comprende antenas Yagi formadas por impresión en un sustrato plano asociado a una antena adicional montada encima del dicho sustrato.

La Figura 12 muestra una antena de la técnica anterior configurada para la recepción de DTV en el rango VHF de 174 MHz a 216 MHz, y en el rango UHF de 470 MHz a 698 MHz.

35 Las Figuras 13-a y 13-b son dos vistas de una antena Yagi-Uda convencional, como se ha conocido en la técnica anterior.

Descripción detallada de una forma de realización preferente

40 [0024] Haciendo referencia ahora a las Figuras 1 y 2, la presente invención comprende antenas 10 y 10' instaladas en los lados laterales 17 y 17' de un fuselaje de avión 16. Cada antena comprende un dipolo de media onda que consiste en dos barras colineales 11, ambas con una longitud de  $\lambda/4$ , alimentadas por una línea de transmisión balanceada 13 formada por dos conductores paralelos 24 y 25, como se muestra con mayor detalle en la Fig. 5.

45 [0025] Como se ha visto en la Fig. 5, dichos conductores paralelos son alimentados desde un balun 14, que consiste en líneas de circuito impreso en un sustrato aislado con fuerza y rigidez suficientes para proporcionar soporte mecánico para los dichos conductores. La señal no balanceada se incorpora al extremo 21 del balun, y las señales balanceadas aparecen en las terminales 22 y 23, que se conectan a las extremidades proximales de los conductores 24 y 25.

50 [0026] Como se muestra en la Fig. 2, la línea de transmisión 13 es paralela al eje longitudinal de cada antena 10 y 10'.

55 La parte proximal de cada antena coincide con la orientación del eje longitudinal 15, es decir, se dirige sustancialmente de forma perpendicular a los lados 17 o 17' donde la antena es instalada. En otras palabras, los ejes 15 están sustancialmente horizontales y señalan hacia direcciones opuestas.

60 [0027] La Figura 13-a reproduce la Fig. 11-41b de la página 483 del libro de texto Antenas de J. D. Kraus, Segunda Edición, que describe una vista en planta de la bien conocida antena Yagi-Uda, mientras la Fig. 13-b es una vista en perspectiva de la misma antena. Como se muestra en estos dibujos, comprende un elemento excitado (A en la Fig. 13-b), normalmente un dipolo  $\lambda/2$  ya sea doblado o recto, alimentado por una línea balanceada, un elemento parasitario B algo más largo que el elemento excitado y una pluralidad de elementos parasitarios C algo más cortos que el dicho elemento excitado, todos los elementos consisten en conductores metálicos que se apoyan en un soporte recto que también define el eje longitudinal de la antena. El elemento B actúa como un reflector, es decir, proporciona un aumento de potencia lejos del elemento, mientras los elementos C son directores, y proporcionan un aumento de potencia en la dirección E, coincidente con el dicho eje longitudinal.

[0028] La invención consiste principalmente en la modificación de la disposición convencional de la antena Yagi-Uda de modo que los directores no estén de tumbados en el mismo plano que el dipolo excitado y el eje longitudinal. Como se muestra en las figuras 1, 2 y 4, los elementos tumbados más allá del dipolo excitado 11, es decir, los directores se sitúan progresivamente mas lejos del dicho eje horizontal 15, sus posiciones se definen por el eje curvado 18, cuya parte proximal es la tangente del eje longitudinal 15, mientras la parte distal del eje 18 se arquea hacia abajo.

[0029] Las Figuras 3 y 4 representan cada antena con mayor detalle; es posible observar que solo el elemento conductor 11 se alimenta por la línea de transmisión balanceada 13. Las barras metálicas 12a, 12b, 12c y 12d son elementos parasitarios, es decir, los directores, y sus posiciones difieren de estos usados en las antenas convencionales YU de las figuras 13-a y 13-b, porque están cada vez más lejos en la dirección vertical del eje longitudinal 15, como se muestra en la vista lateral de la figura 4. Debido al hecho que los directores se colocan a lo largo de eje curvado hacia abajo 18, se produce una asimetría en el modelo de radiación vertical, de modo que la ganancia máxima es frenada, en vez de ser coincidente con la dirección del eje longitudinal 15.

[0030] Esta inclinación gradual de las posiciones de los directores en relación al eje longitudinal principal 15 provoca un efecto innovador, es decir, redirige el modelo de radiación al igual que aumenta su ganancia máxima mientras, al mismo tiempo, la radiación debajo del avión es disminuida. Por otro lado, los efectos de la disposición mostrada en las Figuras 3 y 4 son insignificantes por lo que respecta a la pérdida de regreso de la antena.

[0031] El diagrama en la Figura 9 muestra la influencia del desplazamiento de los directores en el modelo de radiación vertical,  $A_{DIRI}$  es el desplazamiento del primer director, es decir, más cerca del elemento excitado, y  $A_{DIF}$  el desplazamiento progresivo de cada director siguiente en relación al que le precede. En este diagrama, la línea discontinua 31 corresponde con el caso donde  $A_{DIRI} = 80^\circ$  y  $A_{DIF} = 0^\circ$ . La línea de puntos 32 corresponde con el caso donde  $A_{DIRI} = 40^\circ$  y  $A_{DIF} = 0^\circ$ . Finalmente, la línea continua 33 corresponde al caso donde  $A_{DIRI} = 5^\circ$  y  $A_{DIF} = 20^\circ$ . Esta última disposición se muestra en una vista lateral (elevación) en la Figura 10, donde se puede ver que el elemento excitado 11 se sitúa en el eje longitudinal 15, el primer director 12a es inclinado  $5^\circ$  en relación con el dicho eje, la inclinación del segundo director 12b son  $20^\circ$  adicionales en relación con el director precedente (es decir; 12a), con un total de una inclinación de  $25^\circ$  en relación con el eje 15, etcétera, los directores 12c e 12d con un total de inclinación de  $45^\circ$  y  $65^\circ$  respectivamente, en relación con el eje 15. Como se muestra en la Figura 9, la curva correspondiente es la que presenta un nulo más pronunciado, próximo a la elevación de  $35^\circ$  mientras la ganancia máxima es casi idéntica para las disposiciones varias descritas anteriormente.

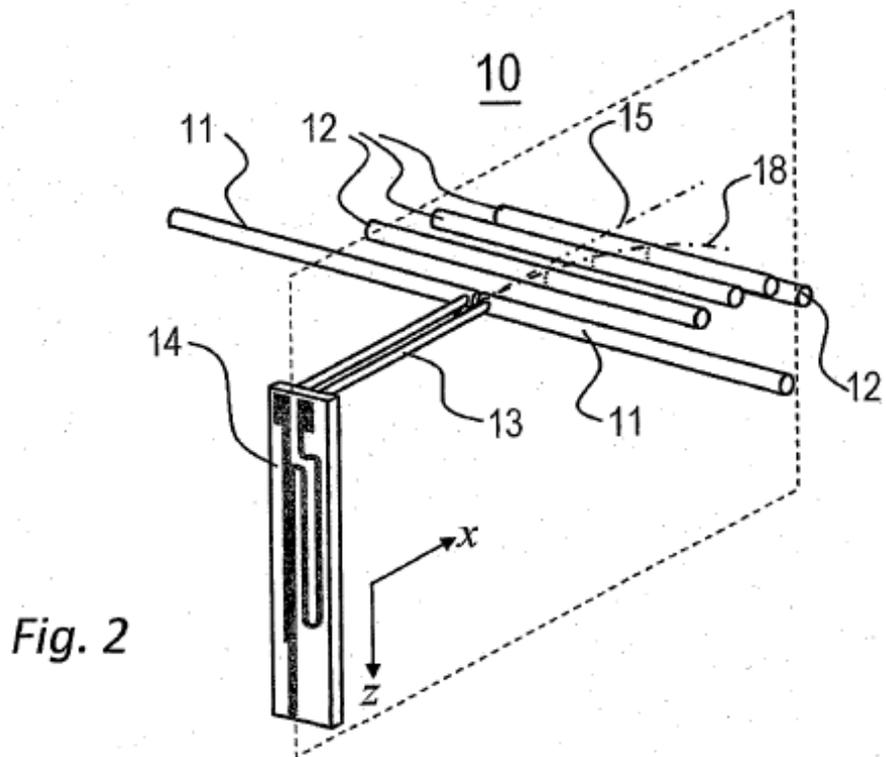
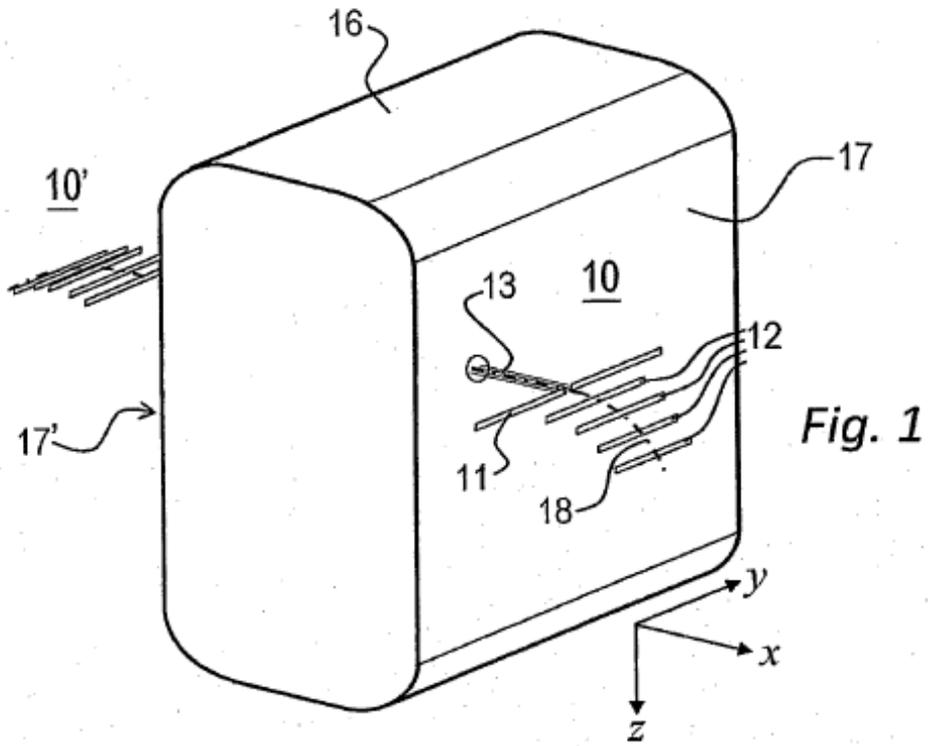
[0032] Normalmente, los mejores resultados en cuanto al modelo de radiación deseada se obtienen con  $A_{DIRI} = 0^\circ$  y  $A_{DIF} = 5^\circ$ .

[0033] Las antenas construidas según la invención presentan un aumento de apertura de haz de aproximadamente el 25%. Por lo tanto, para una frecuencia central de 40MHz la gama utilizable va de 350MHz a 450MHz. La influencia de frecuencia en la anchura de haz (-3dB puntos) se muestra en las Figuras 6A y 6B. La primera concierne a la anchura de haz en el azimut, mientras la Figura 6B muestra la variación de anchura de haz en la elevación; en esta figura, la anchura de haz es sustancialmente uniforme entre 350MHz y 420MHz, utilizable hasta 450MHz cuando la anchura de haz se reduce al 85% del máximo, un valor considerado todavía utilizable.

[0034] La Figura 7 muestra el modelo de radiación de elevación en coordenadas polares, para la frecuencia de 400MHz, mientras la Figura 8 representa el rechazo de señal para ángulos entre  $20^\circ$  y  $70^\circ$  para tres frecuencias diferentes: la curva 26 corresponde a la frecuencia de 40MHz, la curva 27 a 350MHz y la curva 28 a 450MHz. Como se muestra, el máximo valor de rechazo se obtiene con la operación a 400MHz, para un ángulo de  $30^\circ$ .

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema radiante tridimensional asimétrico con un diagrama direccional controlado, que comprende dos antenas modificadas Yagi-Uda (10,10'), donde cada antena comprende:
- 5 - eje longitudinal horizontal (15) con un extremo proximal y un extremo distal;
- elemento de dipolo excitado horizontal (11) colocado entre los extremos distales y proximales del dicho eje longitudinal horizontal (15) y perpendicular a éste;
- 10 - elemento reflector pasivo (17,17') colocado en el extremo proximal de dicho eje longitudinal (15);
- pluralidad de directores (12a, 12b, 12c, 12d) que consisten en elementos de conducción rectilíneos parasitarios pasivos, paralelos a y más cortos que dicho elemento de dipolo excitado horizontal (11) y colocado más hacia adelante que éste, **caracterizado por el hecho de que** dichos elementos directores se distancian a lo largo de un eje curvado (18) con su concavidad hacia abajo y teniendo su parte proximal tangente a dicho eje longitudinal, donde las desviaciones verticales de los directores en relación al eje longitudinal (15) de la antena aumenta gradualmente en proporción con la distancia entre los directores y el dicho dipolo excitado (15), y dicho elemento reflector pasivo consistente en una superficie reflectora conductiva (17,17') sustancialmente perpendicular al dicho eje longitudinal.
- 15 20
2. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 1, donde los ejes longitudinales (15) de dichas antenas apuntan en direcciones horizontales opuestas.
- 25 3. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 2, donde cada dicho eje longitudinal (15) es sustancialmente perpendicular a cada lado (17,17') del fuselaje (16) de un avión que lleva el dicho sistema radiante, siendo dichas direcciones de los ejes longitudinales transversales al eje longitudinal del avión.
- 30 4. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 1, donde dicho elemento de dipolo excitado (11) al igual que dichos elementos directores (12) son proporcionados por barras metálicas.
5. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 4, donde dichas barras metálicas (11,12) son cilíndricas.
- 35 6. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 1, donde para cada antena (10,10') dicho elemento de dipolo excitado (11) es alimentado por una línea de transmisión balanceada (13) que comprende dos conductores (24,25) paralelos al eje longitudinal de la antena (15), donde los extremos proximales de dichos conductores se conectan a las terminales balanceadas (22,23) de un balun de microstrip (14).
- 40 7. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 1, donde dicho balun (14) es bajado 90° en relación al eje longitudinal (15) y es modificado para ser más compacto que el equivalente usado en una antena Quasi-Yagi (QY).
- 45 8. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 1, donde el director (12a) más próximo al elemento de dipolo excitado (11) se inclina por un primer ángulo ( $A_{DIR1}$ ) en relación con el dicho eje longitudinal (15), cada director siguiente (12b, 12c, 12d) es progresivamente inclinado en relación al que le precede por los mismos segundos ángulos ( $A_{DIR}$ ).
- 50 9. Sistema radiante tridimensional asimétrico según la reivindicación 8, donde el ángulo de inclinación del primer director (12a) ( $A_{DIR1}$ ) es 0° y los directores posteriores se inclinan por incrementos ( $A_{DIR}$ ) de 5°.



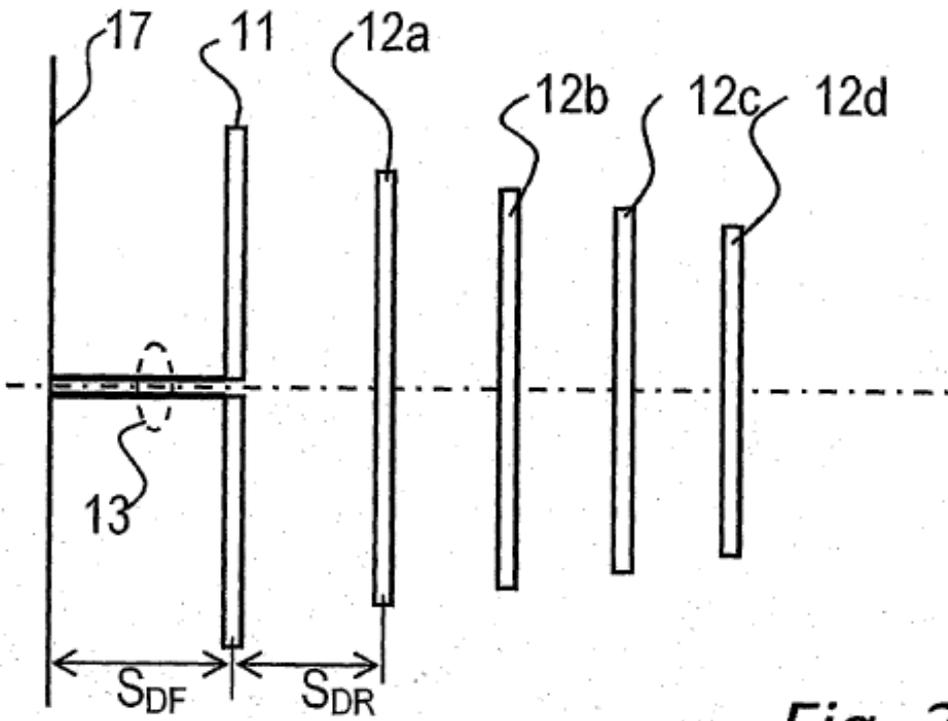


Fig. 3

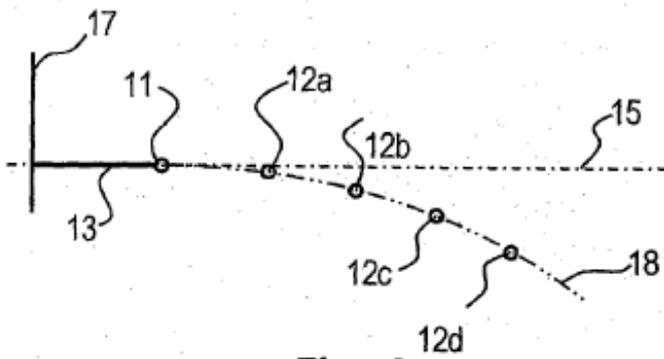


Fig. 4

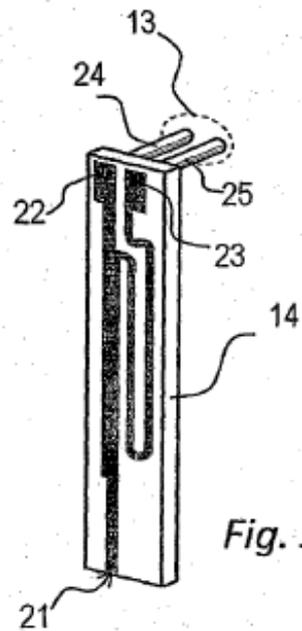


Fig. 5

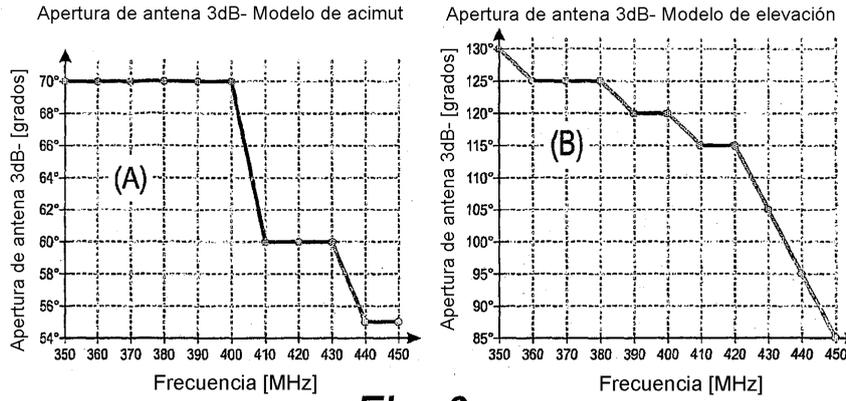


Fig. 6

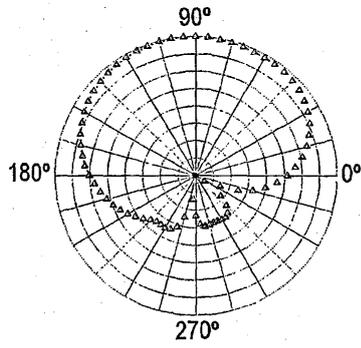


Fig. 7

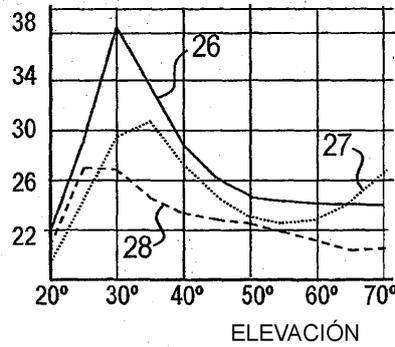


Fig. 8

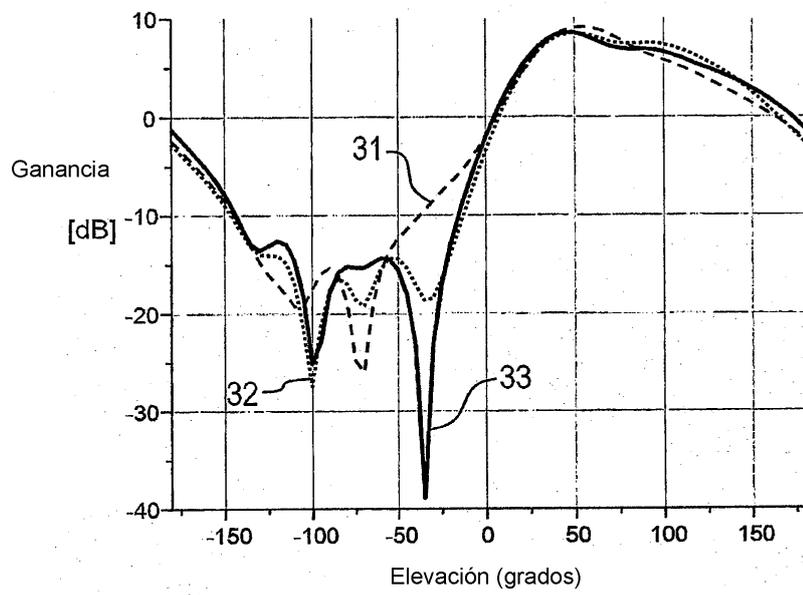
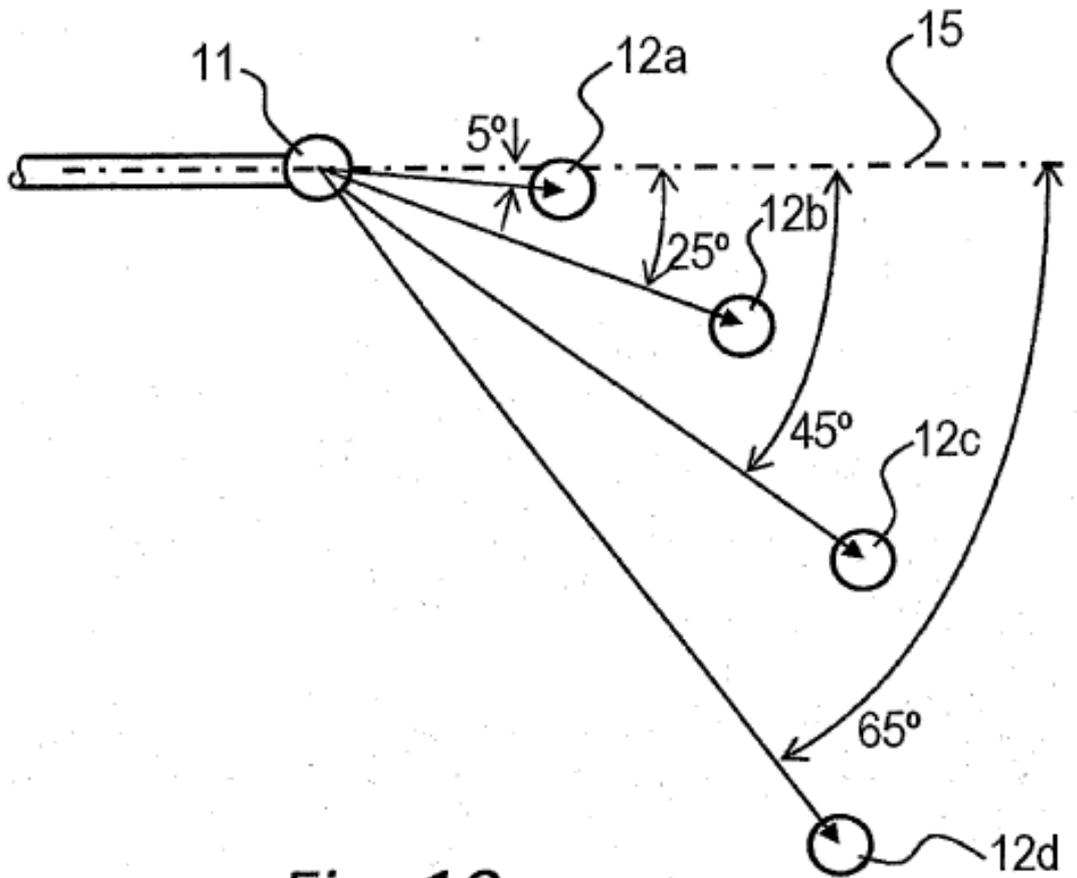
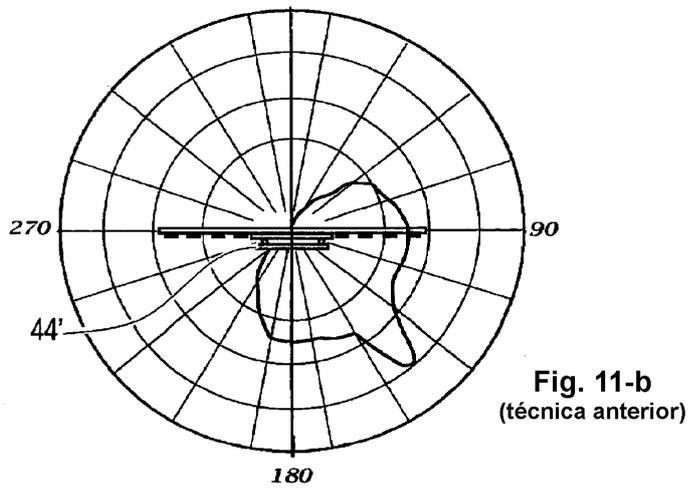
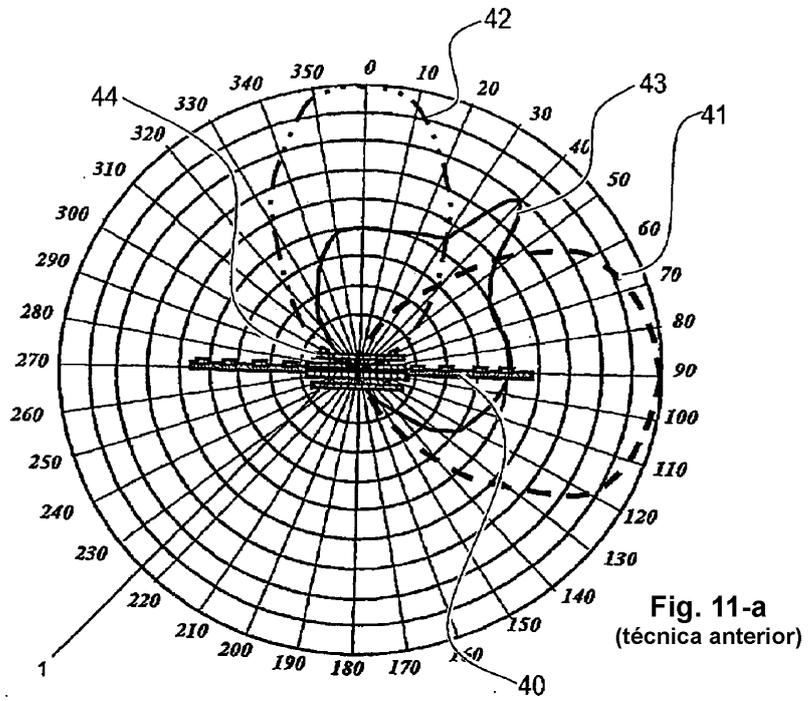
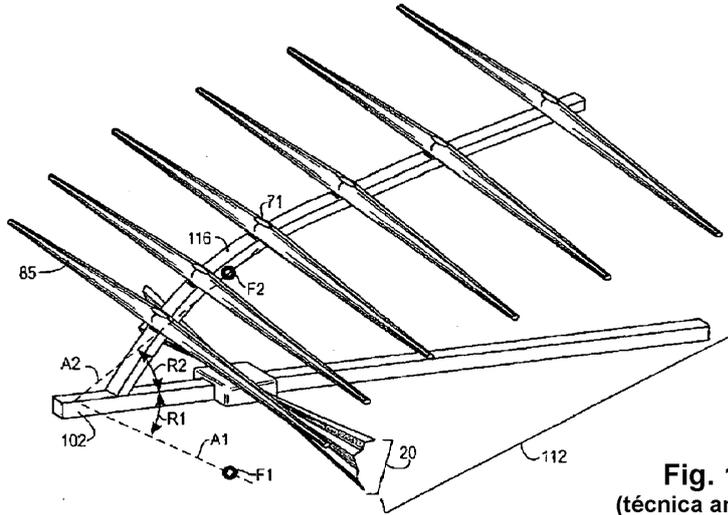


Fig. 9

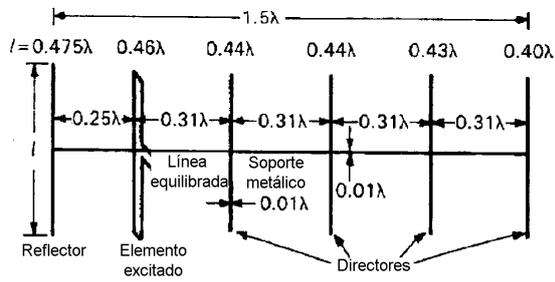


*Fig. 10*





**Fig. 12**  
(técnica anterior)



**Fig. 13-a**  
(técnica anterior)

**Fig. 13-b**  
(técnica anterior)

