

INFORME 1047-1

ANTENAS COMPACTAS PARA COMUNICACIONES DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE

(Cuestión 88/8)

(1986-1990)

1. Introducción

Es necesario disponer de antenas de estación terrena pequeñas para las comunicaciones por satélite en la banda 1,5 - 1,6 GHz no solamente para terminales de aeronave y móviles terrestres, sino también para terminales situados a bordo de barcos. Con este fin se están estudiando varios tipos de antenas compactas. En el Informe 921, se examinan posibles sistemas nuevos de estaciones terrenas de barco y sus aplicaciones y en especial conceptos nuevos de los sistemas INMARSAT de las normas B y C y sus posibles variantes.

En este Informe se contemplan dos clases de antenas compactas para aplicaciones del servicio móvil por satélite. La primera consiste en antenas de baja ganancia con diagramas acimutales de antena omnidireccionales y ganancias comprendidas en la gama 0 - 6 dBi. La otra consiste en antenas directivas de ganancia media con direccionalidad en acimut y en elevación. Los valores típicos de la ganancia están comprendidos en la gama 7 - 15 dBi. En este último tipo, como el haz es direccional a fin de realizar el seguimiento del satélite, se requiere efectuar la orientación de la antena bien mediante rotación mecánica o haciendo uso de la orientación o conmutación electrónica.

Es de esperar que las antenas de baja ganancia sean menos onerosas ya que su estructura es sencilla y no requieren la orientación del haz cuando la unidad móvil está en tránsito. Sin embargo, debido a su característica de cobertura omnidireccional podrán producir posibles interferencias (a otros satélites) o recibir interferencias.

Las antenas de ganancia media pueden proporcionar cierto grado de discriminación contra fuentes interferentes externas. Además, en sistemas multisatélite con una separación suficiente, puede ser posible la reutilización orbital con satélites que utilicen la misma frecuencia. Esto se debe a que los menores lóbulos laterales de la antena recibirán una interferencia menor del satélite adyacente y, asimismo, radiarán menos en esa dirección.

2. Características de la antena

Se han estudiado varios tipos de sistemas de antenas para aplicaciones del servicio móvil por satélite [Heckert 1972], indicándose en el Cuadro I los tipos de antena preferidos para la gama de ganancias de 0 a 15 dBi.

CUADRO ITipos de antena preferidos para estaciones terrenas del servicio móvil por satélite

	Gama de ganancias (dBi)	Tipo de antena	Puntería en Acimut (Az)/ Elevación (E1)	Estabilización
Baja ganancia	0-3	Cobertura hemisférica: - helicoidal cuadrifilar [Kilgus, 1975] - torniquete - lámina de microcinta - espiral plana - dipolo cruzado inclinado - configuración de dipolo de Lindenblad [Lindenblad, 1941]	No	No
	4-6	Optimizada para un sector de elevación dado con un diagrama bifoliar (casi toroidal): - espiral cónica (modo normal) - torniquete sobre plano de tierra - helicoidal cuadrifilar sobre plano de tierra [Kilgus, 1975] - lámina de microcinta	No	No
Ganancia media	7-10	- helicoidal - de bocina - formación lineal - formación plana de 4 dipolos cruzados - espirales de arquímedes - láminas de microcinta, etc. - espiral cónica (modo haz)	Sí, en Az y E1	Sí (¿gravedad simple?)
	11-15	- antena corta de radiación regresiva - helicoidal - formación lineal o plana de 4, 8 ó 16 elementos - formación de láminas de microcinta	Sí, en Az y E1	Sí

2.1 Antenas de baja ganancia

En el Cuadro I figuran los tipos de antenas de baja ganancia que se han considerado para aplicaciones del servicio móvil por satélite.

Todas estas antenas proporcionan polarización circular. Algunas lo hacen de forma intrínseca, pero otras necesitan una híbrida de cuadratura externa. Asimismo proporcionan cobertura omnidireccional o casi hemisférica. Cuando se requiere un perfil de antena bajo las más utilizadas son la(s) lámina(s) de microcinta y la espiral plana. Las características de alguna de estas antenas se discuten a continuación.

2.1.1 Tipo omnidireccional

La antena helicoidal cuadrifilar puede lograr diagramas de radiación de forma cónica y con polarización circular con una cobertura completa en acimut y un haz directivo en elevación [Kilgus, 1975]. Por lo tanto, esta antena no precisa un sistema de seguimiento suplementario.

Los diversos parámetros de la hélice (número de espiras, paso, diámetro, etc.) influyen en el diagrama de radiación y en las relaciones axiales. Esta antena tiene un diagrama de radiación cónico y proporciona una buena relación axial en ángulo de elevación amplio. El Cuadro II expone las principales características eléctricas de la antena helicoidal cuadrifilar de 5 espiras, con paso y longitud de 0,48 y 0,72 respectivamente, para una espira de la hélice (normalizada por longitud de onda) [Terada y otros, 1987].

CUADRO II

Ganancia máxima de la antena	más de 7 dBi
Anchura del haz en elevación	3 dB = 32° 1 dB = 18°
Relación axial	menor que 2 dB

Otra antena omnidireccional cuya utilización se está considerando para aplicaciones de estaciones terrenas del servicio móvil por satélite es el dipolo cruzado inclinado. Se representa en la Figura 1, junto con sus diagramas de radiación copolar y contrapolar. El diagrama de radiación copolar es casi hemisférico.

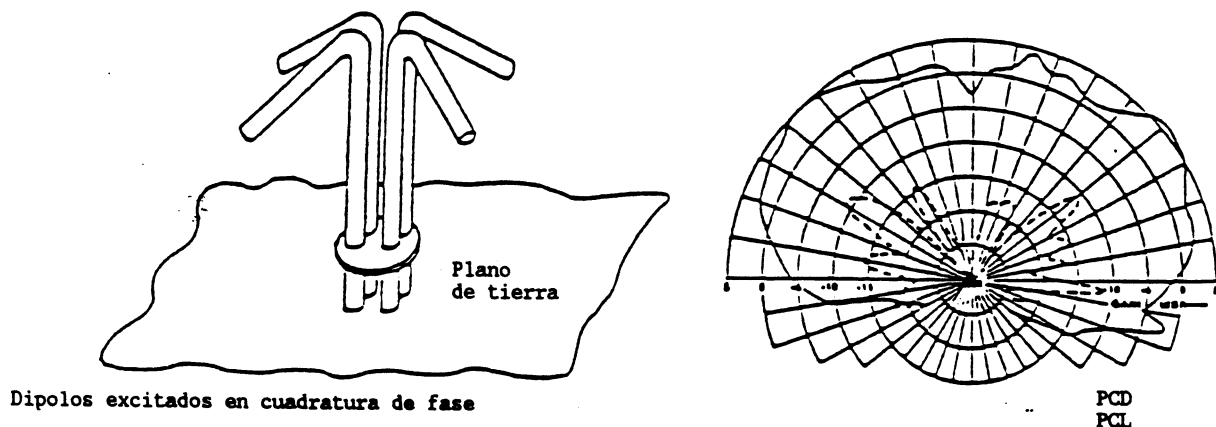


FIGURA 1

Antena de dipolo cruzado inclinado y diagramas de radiación típicos

2.1.2 Tipo direccional orientable electrónicamente

Para lograr una antena directiva utilizando un sistema de seguimiento sencillo, se ha propuesto una antena con conmutación de haz [Hori y otros, 1987]. Esta antena consta de 6 antenas de lámina de microcinta situadas radialmente y pueden apuntarse a un satélite en el ángulo de acimut conmutando de un elemento a otro. Necesita un sistema de seguimiento sencillo, aunque puede lograr una anchura de haz mayor en elevación que una antena de haz cónico de la misma ganancia.

El Cuadro III expone las principales características eléctricas de esta antena.

CUADRO III

Ganancia máxima de la antena	más de 8 dBi
Anchura del haz	3 dB = 70° 1 dB = 38°
Relación axial	menos de 3 dB

En la Figura 2, se representa la configuración de la antena. Sobre la cúpula cónica se disponen de forma regular seis láminas de microcinta. Se consigue la cobertura acimutal total efectuando la conmutación de un elemento a otro mediante el conmutador representado a la izquierda.

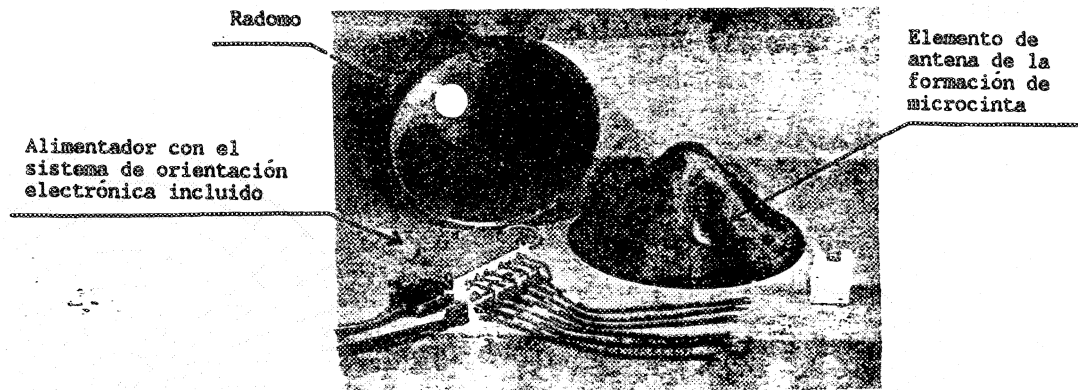


FIGURA 2

Formación de antenas con conmutación electrónica

2.2 Antenas de ganancia media

Las antenas de ganancia media, cuyas ganancias están comprendidas en la gama 7 - 15 dBi presentan las siguientes ventajas sobre las antenas de baja ganancia.

- Se reducen las necesidades de p.i.r.e. del vehículo espacial
- ya que aumenta la G/T de la estación terrena.

- Potencialmente disminuye la temperatura de ruido del sistema receptor de tierra si las pérdidas del sistema de antena son razonablemente pequeñas.

- Se reducen los efectos de trayectos múltiples debido a los menores lóbulos laterales para ángulos de elevación pequeños, reduciéndose así la señal de entrada originada por las componentes de señal con reflexión especular y con reflexión difusa. Este efecto se acrecienta utilizando la polarización circular y aprovechando la ventaja del rechazo de los saltos accidentales, si la relación axial es razonablemente pequeña.

- Contribuye a la reutilización de la órbita
- para satélites que dan servicio a la misma zona, dos o más satélites pueden utilizar la misma frecuencia si están separados entre sí a una distancia determinada por la frecuencia utilizada y el tamaño de la antena.

Sin embargo resulta más cara la fabricación de las antenas de ganancia media que de las antenas de baja ganancia de un solo elemento.

2.2.1 Antena corta de radiación regresiva

Se considera que la antena corta de radiación regresiva (SBF) es una solución como antena de ganancia media directiva orientable mecánicamente en un margen de 12 a 15 dBi para pequeños barcos y embarcaciones.

La antena corta de radiación regresiva convencional consta de dos reflectores planos de diámetros diferentes, denominados reflector principal y subreflector, que están separados entre sí media longitud de onda. Estos actúan como una cavidad resonante poco profunda con pérdidas, produciéndose el haz de radiación en sentido perpendicular al subreflector. La antena, que se debe a Ehrenspeck [1965] se alimenta mediante una antena de dipolos cruzados, colocada en el punto medio entre dos reflectores.

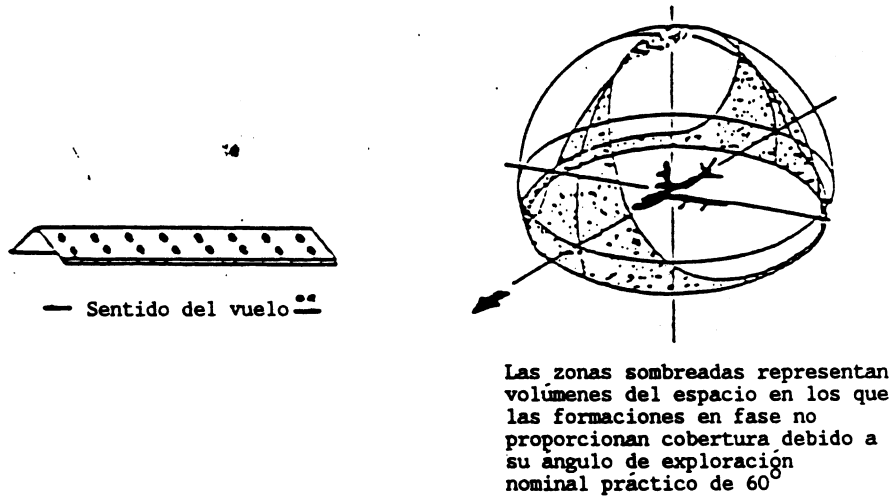
Recientemente se han propuesto dos tipos de nuevas antenas SBF que mejoran las características eléctricas mediante la modificación de la forma de los reflectores pequeño y principal y del excitador primario. El primer tipo es una antena SBF que tiene dos reflectores pequeños y un reflector principal que no es plano. La otra antena SBF utiliza pequeños reflectores dobles y un reflector principal cónico gracias al cual se mejora considerablemente la característica de frecuencia de la ROE [Ohmori y otros, 1983]. Esta última tiene una configuración escalonada del reflector principal, lo que mejora la ganancia de la antena SBF en 1 - 1,5 dBi aproximadamente [Shiokawa y otros, 1983].

2.2.2 Sistemas de formaciones de antenas

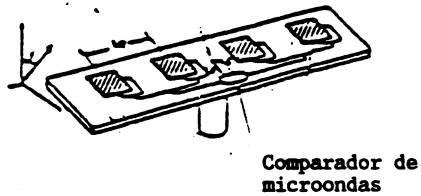
Se han considerado básicamente dos tipos de formaciones de antenas para aplicaciones del servicio móvil por satélite. El primero es un montaje de elementos de antena sobre una superficie lineal o plana en la cual el haz generado se orienta de forma mecánica. El otro es una formación de elementos cuyo haz se orienta de forma electrónica mediante dispositivos de desplazamiento de fase o retardo de tiempo situados generalmente en cada trayecto de elemento. A este último tipo de formación se la denomina generalmente formación enfasada. En la Figura 3, se representan ejemplos de las formaciones de antenas.

En la Figura 3a se representa una formación constituida por dos filas (adidas) excitadas separadamente mediante ocho desfases, cada una de las cuales consta de hileras de dos elementos (elementos apareados). Los elementos son láminas de microcinta excitadas por híbridas en cuadratura a fin de producir una polarización circular levógira. La estructura se monta en la parte superior del fuselaje de una aeronave y la formación que funciona en cada caso depende del sentido de vuelo Este-Oeste de la aeronave [Ohmori, 1986]. La formación se explora a $\pm 60^\circ$ en la dirección horizontal. Se han efectuado experimentos utilizando el satélite de comunicaciones japonés ETS-5 situado en la longitud de 150°E y aeronaves en vuelo a través del Pacífico.

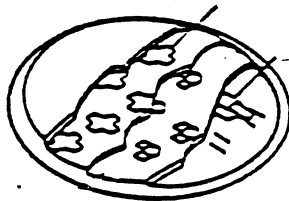
En la Figura 3b, se representa una versión simplificada de una formación lineal orientada mecánicamente, que utiliza láminas de microcinta con polarización circular. La formación está dividida para permitir la detección de un monopolso en un solo plano a fin de efectuar un seguimiento del satélite en bucle cerrado. La exactitud del seguimiento del satélite depende del nivel de la señal con desvanecimiento recibida desde el satélite. Pueden afrontarse la ausencia de la señal o un desvanecimiento intenso pasando al sistema de seguimiento de bucle abierto. En Pattan [Pattan, 1987], se describe una realización práctica de una formación orientada mecánicamente. La formación produce una polarización circular y se pondera la red conformadora del haz para permitir el control de los lóbulos laterales. La formación se divide en dos mitades y se utiliza un monopolso en fase. Los dos centros de fase están situados en el centro de cada subformación. El comparador de monopolso proporciona una salida suma y diferencia.



- a) Formación en fase con dos hileras de elementos que utiliza láminas de microcintas circulares



- b) Formación lineal que utiliza láminas de microcinta con polarización circular



- c) Formación plana en fase que utiliza elementos de cavidad de ranuras cruzadas, mostrando las capas para las híbridas de cuadratura y los desfases

FIGURA 3

Formaciones de antenas típicas de media ganancia para aplicaciones del servicio móvil por satélite



En la figura 3c, se representa una formación plana en fase de unos 50 cm de diámetro y menos de 2 cm de altura. Esta estructura produce un haz direccional (en forma de lápiz) en todas las direcciones controlándose la orientación mediante desfases. Los elementos están constituidos por ranuras cruzadas soportadas sobre cavidades y radian con polarización circular. El conjunto completo se ha montado en el techo de un automóvil.

2.2.3 Comportamiento de las formaciones de antenas

En la Figura 4, se representan diagramas de cuatro formaciones de elementos de láminas de microcinta [JPL, 1988]. La parte superior de la figura representa el diagrama en elevación para las componentes copolarizada y contrapolarizada para un ángulo de elevación de la formación de 40°. La parte inferior de la figura muestra los diagramas acimutales de suma y diferencia. Las dimensiones de la formación son 48 cm por 13 cm.

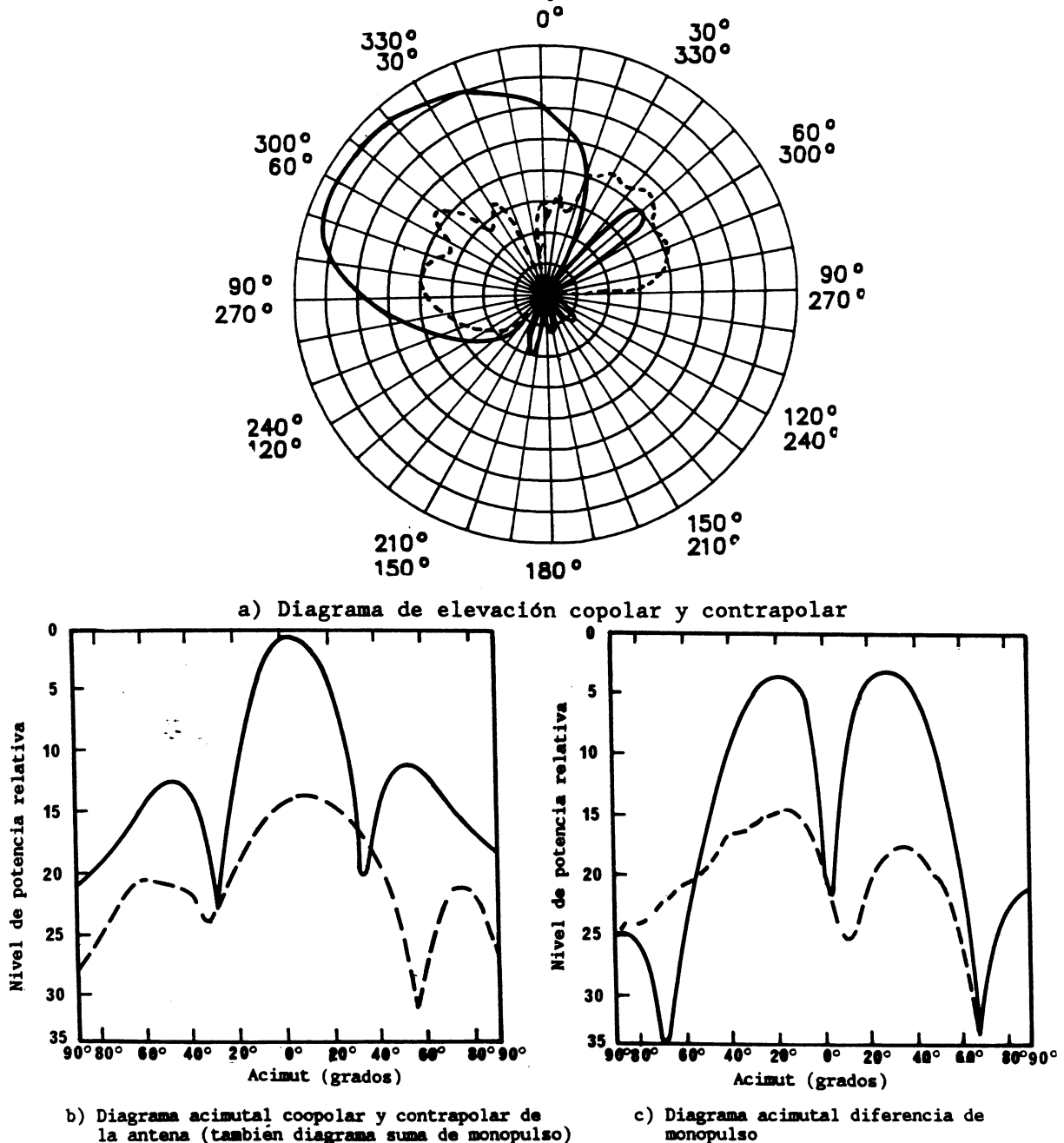


FIGURA 4

Diagramas de antena para una formación lineal orientable mecánicamente

En los Estados Unidos se desarrollan dos sistemas adicionales de formaciones planas en fase del tipo representado en la Figura 3c. En el Cuadro IV se indican los objetivos de calidad para estas antenas.

CUADRO IV

- Frecuencia de funcionamiento: 1 545 - 1 559,0 MHz Recepción
1 646,5 - 1 660,5 MHz Transmisión
La anchura de banda sobre la que deben funcionar las formaciones es del 7% aproximadamente
- Cobertura: 20° a 60° sobre el horizonte, 360° en acimut
- Ganancia de la antena: ≥ 10 dB en la zona de cobertura
- Nivel de lóbulos laterales para el lóbulo posterior: < -12 dB
- Polarización: PCD con una relación axial máxima de 4 dB en toda la gama de exploración (30° a 70° fuera del eje de puntería)
- Aislamiento entre satélites para reutilización orbital: 20 dB, para una separación entre satélites de 35°.

2.2.4 Diagramas de radiación de referencia

En los textos actuales del CCIR de la Comisión de Estudio 4, hay dos Recomendaciones relativas a diagramas de referencia para antenas de estación terrena [Recomendaciones 465 y 580]. Estos diagramas presuponen antenas de gran apertura, tales como las antenas parabólicas tipo Cassegrain. Los diámetros mínimos de antena para los cuales pueden aplicarse esas Recomendaciones son de unos 42 cm y 35 cm en 1,6 y 1,5 GHz, respectivamente. Por consiguiente, no pueden aplicarse las Recomendaciones a la mayoría de las antenas compactas de estaciones terrenas móviles.

La Recomendación 694 define un diagrama de radiación de referencia para antenas parabólicas móviles pero comprende solamente antenas de alta ganancia con diámetros de 80 a 130 cm. En los textos actuales del CCIR no hay ninguna Recomendación que establezca diagramas de radiación de referencia para antenas de ganancia media y baja que se utilizarán extensamente en el próximo futuro por estaciones terrenas móviles.

El diagrama de radiación efectivo de antenas de estación terrena móvil instaladas resulta afectado por el plano de tierra y los obstáculos de los alrededores. Para el establecimiento de diagramas de referencia realistas es necesario prestar más atención a estos factores.

Por ejemplo, mediciones experimentales recientes del desvanecimiento multitrayecto en comunicaciones por satélites del servicio móvil aeronáutico [Informe 1169], muestran que los efectos del desvanecimiento dependen no solamente del diagrama de radiación de antena básico, sino también de la situación de la antena en el fuselaje. De conformidad con los resultados de un experimento de satélite aeronáutico utilizando una antena situada en la parte superior del fuselaje, no se observó el desvanecimiento multitrayecto originado en la superficie del mar debido al bloqueo de las componentes reflejadas por las alas y el fuselaje. Sin embargo se observó un desvanecimiento lento debido a la reflexión en las alas [Hase, Y. y otros, 1989].

Es necesario efectuar más estudios sobre los efectos de desvanecimiento que dependen de la situación de la antena en el fuselaje.

La antena parabólica de un terminal INMARSAT de la norma A es la única antena móvil utilizada en un sistema comercial por el momento. Su diagrama de radiación es simétrico alrededor del eje de la antena de forma que sus características de radiación pueden expresarse mediante un solo diagrama de referencia [Informe 922]. Sin embargo, en un futuro próximo se espera que se adopten para aplicaciones móviles formaciones de antenas y formaciones en fase a fin de satisfacer las demandas estrictas de antenas ligeras, compactas, de pequeño perfil y otras exigencias.

Estas formaciones de antenas de ganancia media, pueden tener muchas características atractivas aunque sus diagramas están sujetos a ciertas degradaciones que deben estudiarse ulteriormente:

1) Degradación de las características de lóbulos laterales debida a la exploración del haz principal

En las Figuras 5a y 5b, se muestran los diagramas de radiación de una formación en fase de antenas de aeronave utilizada en los experimentos EMSS con el satélite ETS-V [Hase y otros, 1989]. La formación está constituida por 16 elementos y su haz principal puede explorarse dentro de un sector de $\pm 60^\circ$ con respecto al eje de puntería. En las Figuras 5a y 5b, se representan los diagramas de radiación para el caso de un ángulo de exploración de 0° y 60° , respectivamente. Los primeros lóbulos laterales están situados a -14 dBi para una exploración de 0° y a -8 dBi para una exploración de 60° . Estos valores son peores que los correspondientes a una antena SBF para la que valen -20 dBi aproximadamente. Cuanto más se explora el haz con ángulos amplios peor es la característica de lóbulos laterales.

2) Exploración de la diferencia angular entre las frecuencias de transmisión y recepción

A fin de que una formación de antena en fase pueda explorar eléctricamente el haz, se ajustan las diferencias de los trayectos de propagación de cada elemento mediante desfasadores con objeto de producir un plano de fase equivalente en la dirección deseada. El trayecto de propagación eléctrica efectivo depende de la frecuencia de funcionamiento y este hecho provoca diferencias angulares de exploración entre las frecuencias de transmisión y de recepción.

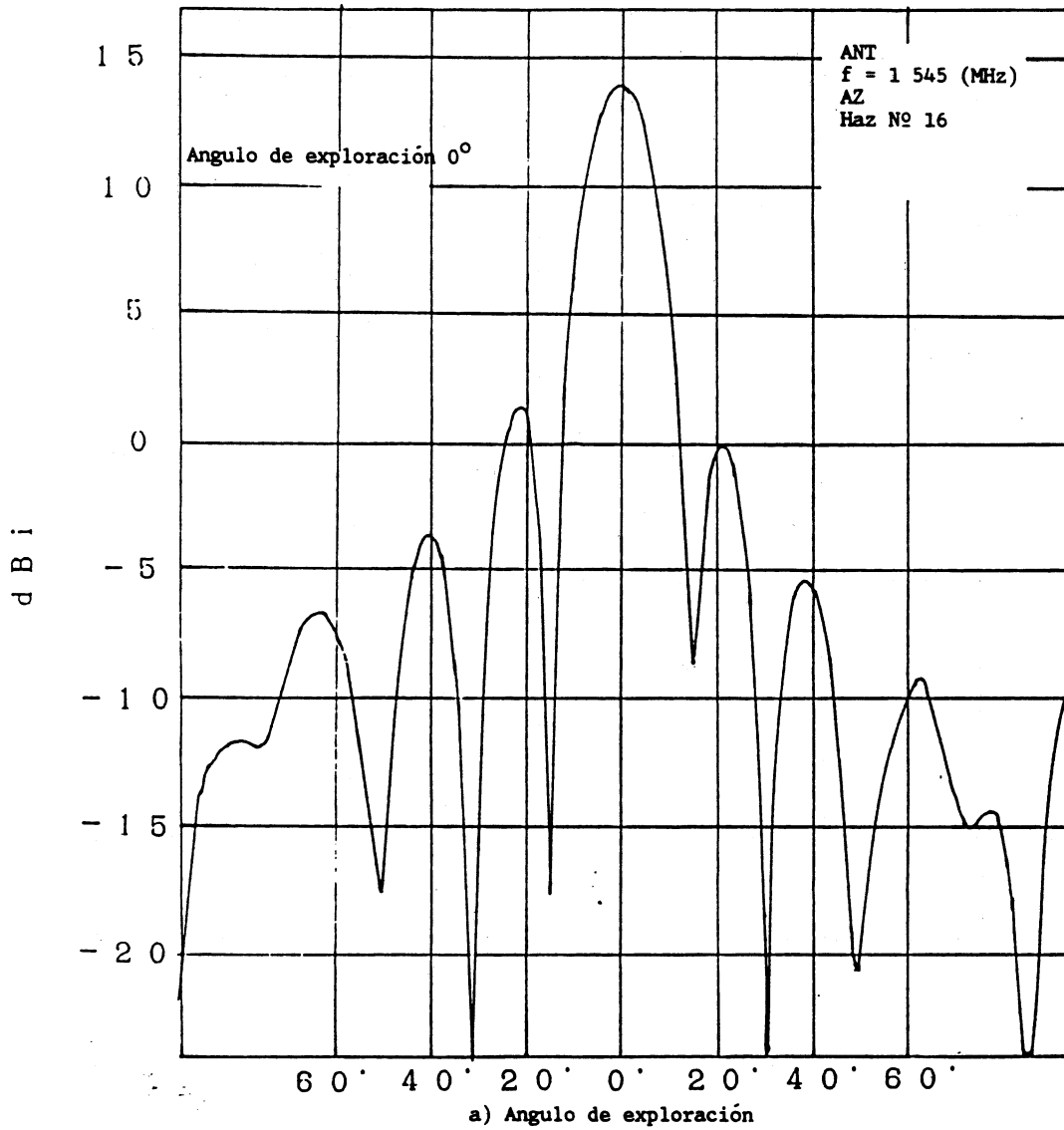
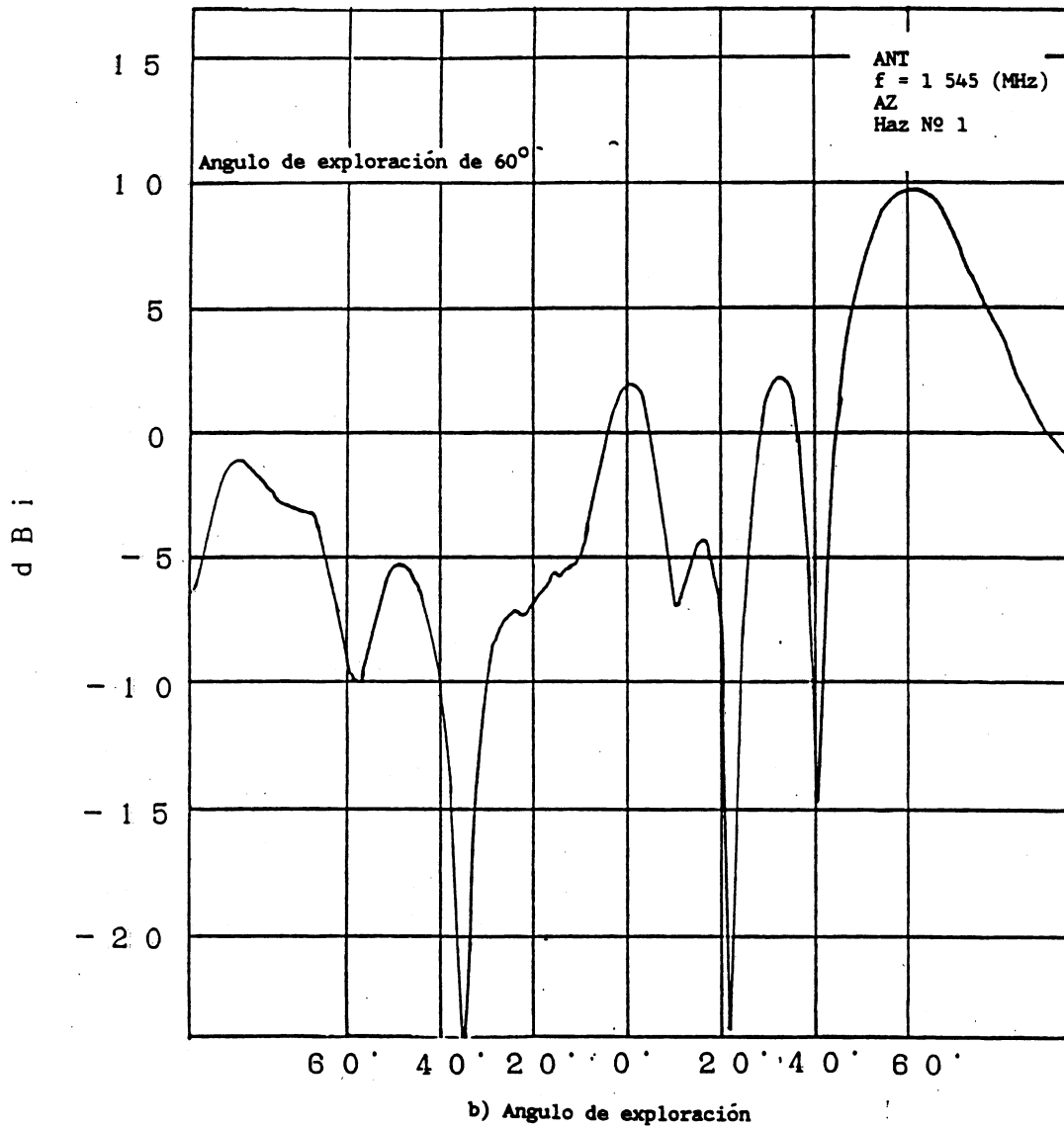


FIGURA 5

Característica de lóbulos laterales de una formación de antenas de 16 elementos en fase situada en una aeronave.

**FIGURA 5**

Característica de lóbulos laterales de una formación de antenas de 16 elementos en fase situada en una aeronave.

En el proyecto de especificaciones de la calidad de lóbulos laterales que está desarrollando INMARSAT para su nuevo sistema telefónico del servicio móvil por satélite de tipo general, INMARSAT-M, se proponen ejemplos de diagramas de referencia apropiados para ciertos tipos de antenas móviles de ganancia media. Estas especificaciones se basan en mediciones experimentales de tres tipos de antenas con ganancias comprendidas en la gama de 12 a 15 dBi.

1) Antenas axi-simétricas

Las antenas axi-simétricas tienen diagramas idénticos en acimut y en elevación y normalmente requerirán puntería en elevación y en acimut. Un ejemplo típico lo constituye una antena corta de radiación regresiva o una antena helicoidal. Tales antenas tienen un interés especial para los terminales marítimos y móviles transportables. El proyecto de especificaciones de lóbulos laterales de INMARSAT, basado en una antena corta de radiación regresiva de 15 dBi, establece el siguiente valor:

$$G = 43 - 25 \log(A) \text{ dBi}$$

donde G es la ganancia de cresta de la antena para un ángulo A con respecto al eje de puntería. Esta expresión es válida para ángulos con respecto al eje comprendidos entre 40° y 83°. Para ángulos superiores a 83°, la especificación admite una ganancia de lóbulos laterales de hasta -5 dBi.

2) Formación de antenas horizontal unidimensional

Este tipo de antena tiene un diagrama vertical en forma de haz en abanico y requiere solamente la puntería en acimut. Como ejemplos típicos pueden citarse las formaciones lineales de láminas o dipolos cruzados. Las especificaciones de lóbulos laterales para este tipo de antena se basan en mediciones de una cavidad 4 por 1 que respalda de una formación de dipolos cruzados, con una ganancia de 12,5 dBi. Este tipo de antena tiene un interés particular para los vehículos debido a su pequeño perfil y su sencilla puntería. Las especificaciones de lóbulos laterales son distintas para los diagramas de elevación y de acimut.

$$\text{Diagrama de acimut: } G = 38 - 25 \log(A) \text{ dBi}$$

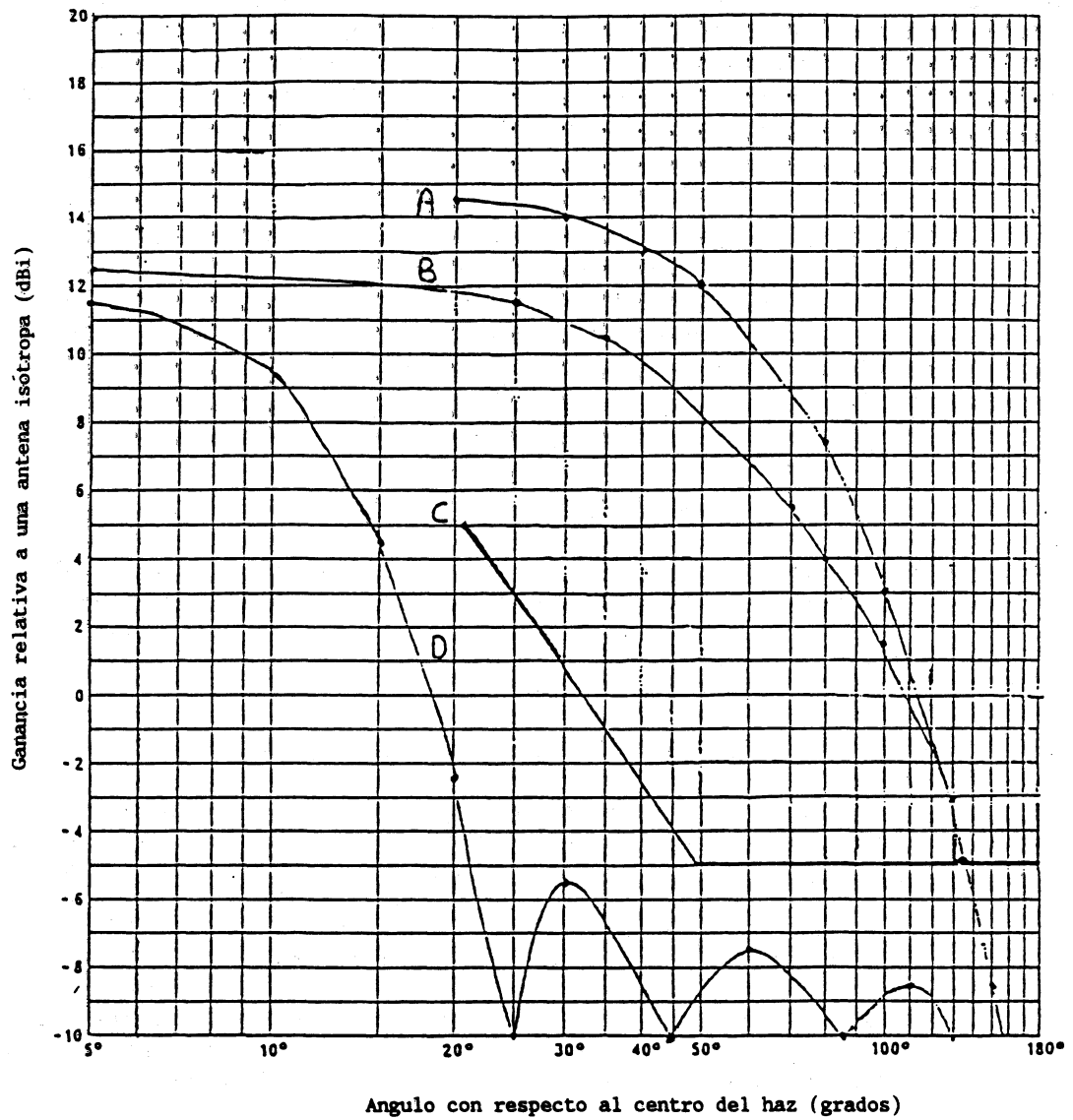
para A comprendido entre 21° y 48°, a partir de 48°, la ganancia máxima de lóbulo lateral es -5 dBi.

$$\text{Diagrama de elevación: } G = 15 - 0,0012 A^2 \text{ dBi}$$

para A comprendido entre 20° y 130°,

para valores mayores que 130° la ganancia máxima de lóbulo lateral es -5 dBi.

En la Figura 6, se representan las especificaciones y mediciones reales de una formación de antena de dipolos cruzados montados sobre una cavidad de 4 por 1.



A Especificación de elevación
 B Diagrama de elevación medido

C Especificación de acimut
 D Diagrama de acimut medido

FIGURA 6

Especificaciones de la antena de haz en abanico

3) Formación de antena vertical unidimensional

Una formación de antena vertical unidimensional tiene un diagrama de antena de forma torroidal. La anchura de haz de potencia mitad en elevación para una antena de 12,5 dBi de ganancia, será del orden de 6°. El diagrama es simétrico en acimut. Este tipo de antena solamente necesita un seguimiento en elevación. Tal antena será especialmente interesante para vehículos pequeños. Las dimensiones típicas de esta antena pueden ser un diámetro de unos 30 mm y una longitud de 500 a 800 mm. El estrecho haz proporcionará una buena discriminación contra los trayectos múltiples. El haz cubrirá el arco geostacionario en dos posiciones. No se dispone de mediciones para esta antena por lo que el proyecto de especificaciones de lóbulos laterales que se da a continuación se basa en aproximaciones teóricas:

$$G = 41 - 25 \log(A) \text{ dBi}$$

para ángulos comprendidos entre 20 y 70° ,

para ángulos mayores de 70° la ganancia máxima es -5 dBi.

3. Técnica de reducción de desvanecimiento para estaciones terrenas de barco

Para Estaciones Terrenas de Barco (ETB) de baja relación G/T, el efecto de desvanecimiento multitrayecto producido por la reflexión en el mar será más grave para ángulos de elevación bajos porque la anchura de haz de la antena es más amplia que la correspondiente a las antenas de estaciones terrenas de barco de la norma A habituales [Karasawa y Shiokawa, 1984]. Para ETB de baja relación G/T, el método de reducción de desvanecimiento así como la antena deben ser de configuración sencilla, peso ligero y precio económico. Teniendo presentes estas consideraciones, se ha escogido el método de conformación de polarización (véase el Informe 1048) para utilizarlo con las antenas cortas de radiación regresiva descritas en el § 2.2.1. Este método es adecuado para antenas alimentadas por dipolos cruzados y requiere un girador de dipolos cruzados y un desplazador de fase variable.

4. Montura de la antena para estaciones terrenas de barco

Para las ETB de norma A convencionales, el tipo de montura más conveniente es el de 4 ejes El/Az/Y/X con la función de seguimiento por pasos, debido a su elevada capacidad de estabilización y a su gran exactitud de puntería. En el caso de ETB de baja relación G/T podría ser conveniente, desde los puntos de vista económico y constructivo, una montura en dos ejes, con la función de seguimiento por programa dependiente del equipo de navegación. De entre las dos monturas de los ejes (El/Az e Y/X), sería preferible la montura El/Az ya que la montura Y/X presenta un mayor error de puntería debido al enclavamiento del cardán y efectos de desvanecimiento multitrayecto para ángulos de elevación pequeños.

En este tipo de montura el brazo que soporta el eje El tiene forma de U. Además, el eje El está montado cerca del eje central de la antena para mantener fácilmente el equilibrio de peso de la antena, amplificador de bajo ruido, diplexor, etc. En consecuencia, se reduce la carga pesante sobre el eje Az con lo que se consigue reducir el peso y tamaño de la montura El/Az convencional. Además, a fin de lograr una buena exactitud de puntería con la montura El/Az debe prestarse atención a las siguientes consideraciones:

- reducción de los errores de puntería debidos al enclavamiento del cardán para ángulos de elevación grandes, de 85° aproximadamente;
- reducción de los errores de puntería debidos a la operación de retroceso en el eje Az.

En la montura de antena recientemente desarrollada que se muestra en la Figura 7, la montura El/Az está controlada por señales procedentes del equipo de navegación de los barcos y el sensor cabeceo/balanceo, utilizando un microprocesador. Se utilizó un algoritmo de control de nuevo diseño para mejorar el error de puntería anterior [Shiokawa y otros, 1983].

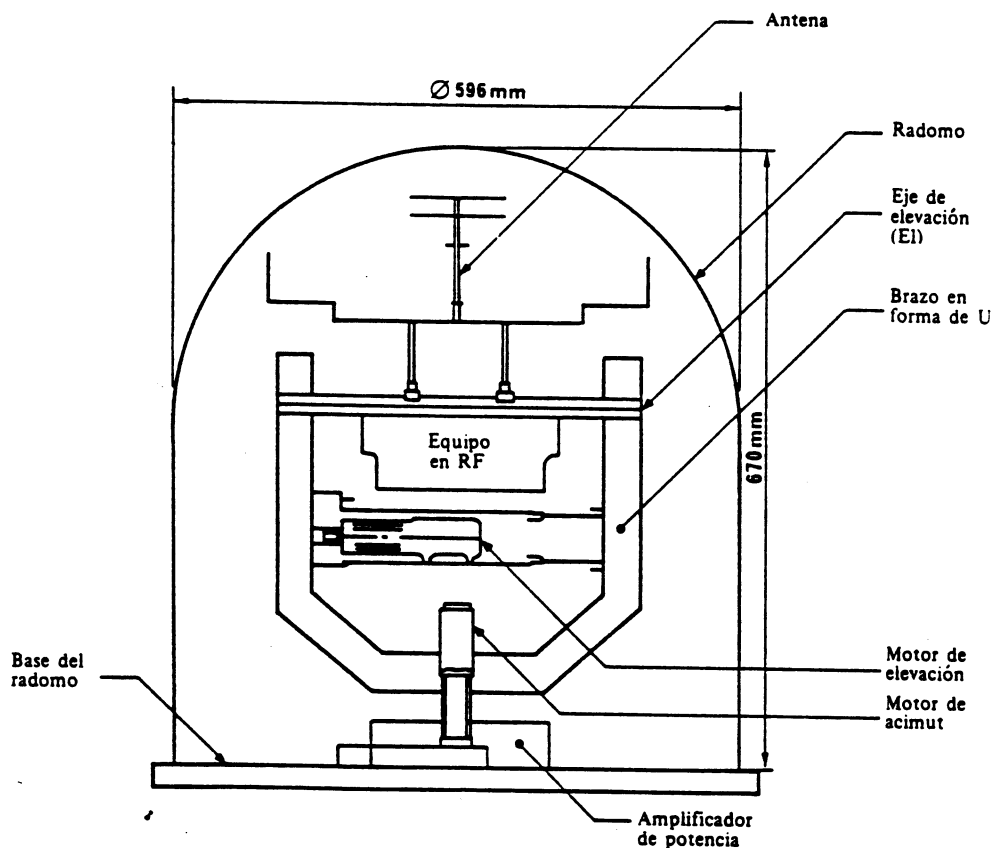


FIGURA 7

Configuración de una montura de antena de nuevo diseño para sistemas de antenas pequeñas

5. Temperatura de ruido efectiva de la antena

Las especificaciones de terminales terrenos típicos comprenden el valor del factor de mérito del sistema G/T_s . Para una ganancia de antena determinada G/T_s depende de la combinación de la temperatura de ruido de la antena y la temperatura de ruido del receptor.

La temperatura de la antena se debe a varias fuentes de ruido externas a la antena. La fracción de ruido externo captada por una antena, es función de las propiedades direccionales de ésta. El ruido de la antena puede obtenerse

"troceando" el diagrama de antena en secciones discretas o rayos y determinando a continuación la media ponderada del ruido proveniente de todos los rayos. Físicamente las fuentes de ruido comprenden la ionosfera, la Tierra, el mar, el Sol, la atmósfera y el fondo de cielo. Otras contribuciones se deben a los componentes de la antena/receptor que se añaden a la temperatura de ruido de la antena.

La temperatura total de la antena, puede expresarse mediante la expresión:

$$T_A = \sum W_n T_n$$

donde:

- T_n : temperatura efectiva de la fuente de ruido
- W_n : fracción de potencia (ponderada) contenida en el segmento de la estructura de los lóbulos de la antena. Por ejemplo, el ruido galáctico a través del lóbulo principal de la antena recibe mayor ponderación que cuando entra a través de un lóbulo lateral. De modo similar si el 10% de la energía entra a través de los lóbulos laterales (por ejemplo, lóbulo principal 80%, lóbulos laterales 10%) la contribución de la Tierra es $0,1 \times 300 = 30^\circ\text{K}$.

Las temperaturas típicas utilizadas en esta ponderación son las siguientes:

Atmósfera	5K
Temperatura del cielo	15K
Temperatura del mar	120K
Temperatura del suelo	300K.

6. Conclusiones

Se están desarrollando varios tipos de antenas de ganancia media y baja para comunicaciones del servicio móvil por satélite. Las características de estas nuevas antenas no están recogidas aún en las Recomendaciones actuales del CCIR. Se requieren estudios ulteriores sobre las siguientes materias:

- 1) Características medidas de antenas de ganancia media y baja para estaciones terrenas en los servicios móviles terrestre, marítimo y aeronáutico por satélite.
- 2) Examen de los problemas especiales asociados con las antenas para aplicaciones del servicio móvil aeronáutico por satélite.
- 3) Desarrollo de nuevos diagramas de radiación de referencia para formaciones de antenas utilizadas en estaciones terrenas móviles.
- 4) Técnicas de reducción del desvanecimiento utilizables en las estaciones terrenas móviles en los servicios aeronáuticos y terrestres móviles por satélite.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- EHRENSPECK, H.W. (1965) - The short-backfire antenna. Proc. IEEE, Vol. 53, páginas 1138-1140.
- HASE, Y., TAIRA, S., WAKANA, H. y OHMORI, S. ETSV/EMSS - Experiments on Aeronautical Communications, Conference Record of IEEE International Conference on Communications (ICC-89), Boston, EE.UU.
- HECKERT, G.P. (febrero, 1972) - Investigation of L-band shipboard antennas for maritime satellite applications. Automated Marine International, Newport Beach, CA., EE.UU.
- HORI, T. y otros (marzo, 1987) - Electronically steerable spherical array antenna for mobile earth station, 5th International Conference on Antenna and Propagation, York, Reino Unido.
- Jet Propulsion Laboratory (JPL) MSAT-X Quarterly, #7, octubre, 1988.
- KARASAWA, Y. y SHIOKAWA, T. (1984) - Characteristics of L-band multipath fading due to sea surface reflection. IEEE Trans. Ant. Prop., Vol AP-32, 6, páginas 618-623.
- KILGUS, C.C. (mayo, 1975) - Shaped-conical radiation pattern performance of the backfire quadrifilar helix, IEEE Trans. Antennas and Propagation, AP-23, páginas 392-397.
- LINDENBLAD, N.E. (abril, 1941) - Antennas and transmission lines at the Empire State Television Station, Communications.
- OHMORI, S., MIURA, S., KAMEYAMA, K. y YOSHIMURA, H. (julio, 1983) - An improvement in electrical characteristics of a short backfire antenna. IEEE Trans. Ant. Prop. Vol. AP-31, 4, páginas 644-646.
- OHMORI, S. y otros - "Aircraft Earth Station for Experimental Mobile Satellite System", IEEE ICC 1986.
- PATTAN, B., - "The Advent of Land Mobile Satellite Service Systems", IEEE Trans. on Aerospace & Electronic Systems, septiembre, 1987.
- SHIOKAWA, T., KARASAWA, Y. y YAMADA, M. (1983) - Compact antenna systems for INMARSAT standard-B ship earth stations. IEEE Conference.
- TERADA, N. y otros (junio, 1987) - Compact mobile antenna for mobile satellite communications, IEEE Vehicular Technology Conference, VTC '87 Florida, EE.UU., página 104, junio, 1987.
-