

## RECOMENDACIÓN UIT-R BO.652-1\*.\*\*

**Diagramas de radiación de referencia de las antenas de estación terrena y de satélite para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz y para los enlaces de conexión asociados\*\*\* en las bandas de 14 GHz y 17 GHz**

(Cuestión UIT-R 93/11)

(1986-1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite hacen falta diagramas de radiación de referencia de antena sencillos;
- b) que por razones de coste, estética y facilidad de instalación, las antenas para la recepción individual deben ser pequeñas y sencillas y aptas para la aplicación de técnicas de fabricación en serie, y que dentro de estas directrices generales debe existir la posibilidad de utilizar diferentes tipos de diseño;
- c) que se ha llevado a cabo una planificación del servicio de radiodifusión por satélite basada en la recepción individual en bandas de frecuencias alrededor de 12 GHz y que es posible prever también la recepción comunal;
- d) que es deseable disponer de diagramas de antena de referencia fáciles de aplicar para la determinación de los niveles de interferencia interregional;
- e) que debe hacerse todo lo posible por evitar desbordamientos innecesarios hacia zonas de servicio adyacentes;
- f) que para evaluar la interferencia mutua entre el servicio de radiodifusión por satélite en 12 GHz y otros servicios que comparten las mismas bandas de frecuencias, puede ser necesario utilizar un diagrama de radiación de referencia tanto para la antena receptora de la estación terrena como para la antena transmisora del satélite;
- g) que el empleo de antenas dotadas de un diagrama de radiación óptimo permitirá utilizar de la manera más eficaz posible el espectro de frecuencias radioeléctricas y la órbita de los satélites geostacionarios;

---

\* *Nota* – En la preparación de la presente Recomendación se tomaron como referencia los Informes UIT-R BO.810 y UIT-R BO.952.

\*\* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

\*\*\* La parte de esta Recomendación referente a enlaces de conexión se debe señalar a la atención de la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones.

- h) que se disponen de datos medidos de los diagramas de radiación de las antenas receptoras de estación terrena y de las antenas transmisoras de satélite para la radiodifusión por satélite en 12 GHz;
- j) que se ha efectuado una planificación de los enlaces de conexión en las bandas de frecuencia alrededor de 14 GHz y 17 GHz, que se utiliza en el servicio de radiodifusión por satélite en 12 GHz;
- k) que debe hacerse todo lo posible por evitar que se causen interferencias a los satélites de radiodifusión adyacentes;
- l) que para evaluar la interferencia mutua entre los enlaces de conexión de 14/17 GHz del servicio de radiodifusión por satélite y otros servicios que comparten las mismas bandas de frecuencias, puede ser necesario utilizar diagramas de radiación de referencia tanto para la antena transmisora de la estación terrena como para la antena receptora de enlace de conexión del satélite;
- m) que en el Apéndice 30A (Orb-88) del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) se presentan diagramas de radiación de referencia para las antenas transmisoras de estación terrena y las antenas receptoras de enlace de conexión de satélite en 14 y 17 GHz,

*recomienda*

**1** que, con objeto de que la interferencia hasta el límite de la zona de servicio no sobrepase la prevista en los Planes para la banda de 12 GHz, las antenas receptoras de estación terrena cumplan las siguientes condiciones:

**1.1** en las Regiones 1 y 3, las antenas de recepción individual deben poseer diagramas de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 1, Curvas A y B, respectivamente, con  $\phi_0 = 2^\circ$  (apertura nominal del haz a potencia mitad);

**1.2** en la Región 2, las antenas de recepción individual deben poseer diagramas de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 2, Curvas A y B respectivamente, con  $\phi_0 = 1,7^\circ$  (apertura nominal del haz a potencia mitad);

**1.3** en las Regiones 1 y 3, las antenas de recepción comunal deben poseer diagramas de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 1, Curvas A' y B, respectivamente, con  $\phi_0 = 1^\circ$  (apertura nominal del haz a potencia mitad);

**2** que, para los haces de las antenas transmisoras de satélite de sección transversal circular o elíptica se cumpla lo siguiente:

**2.1** en las Regiones 1 y 3, el diagrama de radiación sea conforme a los diagramas de referencia aplicables especificados en la Fig. 3;

**2.2** en la Región 2, el diagrama de radiación con régimen de caída normal sea conforme como mínimo al diagrama aplicable especificado en la Fig. 4, y el diagrama de radiación con régimen de caída rápida (véase la Nota 1) sea conforme al diagrama de referencia especificado en la Fig. 5;

**3** que, para las antenas de estación terrena del enlace de conexión se cumpla lo siguiente:

**3.1** en la Región 2, las antenas de transmisión posean diagramas de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 6, Curvas A y B, respectivamente;

**3.2** en las Regiones 1 y 3, los diagramas de radiación copolar y contrapolar de las antenas de transmisión no sobrepasen los límites de la Fig. 7;

**4** que, para las antenas receptoras de satélite:

**4.1** en la Región 2, las antenas receptoras posean diagramas de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 8, Curvas A y B, respectivamente;

**4.2** en la Región 2, el diagrama de radiación de las antenas receptoras con régimen de caída rápida tenga características de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 9, Curvas A y B, respectivamente;

**4.3** en las Regiones 1 y 3, las antenas receptoras posean diagramas de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 10, Curvas A y B, respectivamente;

**4.4** en las Regiones 1 y 3, el diagrama de radiación de las antenas receptoras con régimen de caída rápida tengan características de radiación copolar y contrapolar que no sobrepasen los diagramas de referencia especificados en la Fig. 11, Curvas A y B, respectivamente.

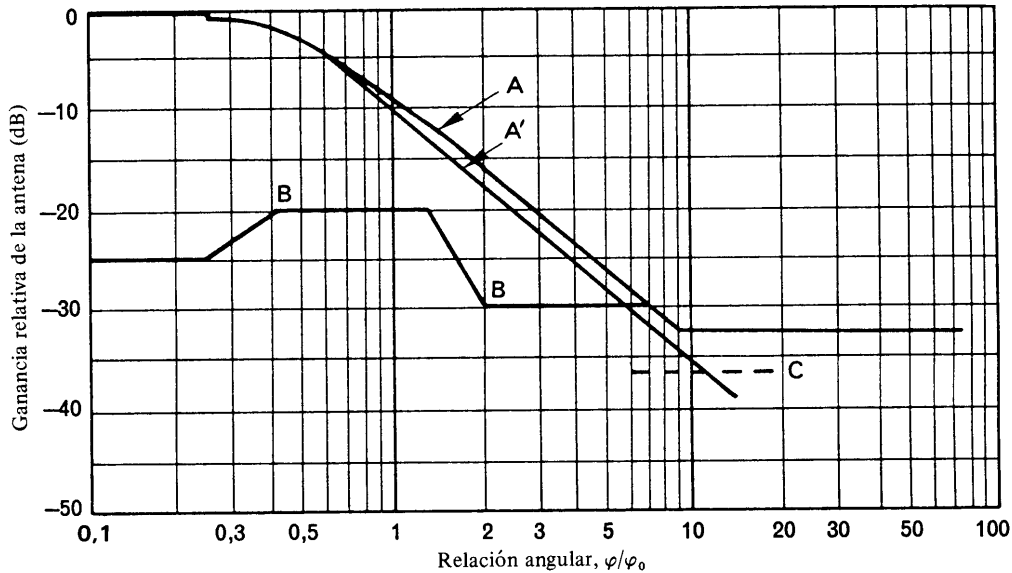
NOTA 1 – En la Región 2 se utilizó el diagrama de la Fig. 5 para elaborar el Plan cuando era necesario para reducir la interferencia; esta utilización viene indicada en el Plan con un símbolo especial. Este diagrama se deriva de una antena que produce un haz elíptico con caída rápida en el lóbulo principal. Se presentan como ejemplo tres curvas para diferentes valores de  $\varphi_0$ .

NOTA 2 – Los diagramas de las Figs. 1 a 5 y 8 a 11 se presentan en función de la relación angular  $\varphi/\varphi_0$ , donde  $\varphi$  es el ángulo medido desde el eje del haz y  $\varphi_0$  como éste es la anchura angular del haz medida entre los niveles a  $-3$  dB. Los niveles están expresados en dB con respecto a la ganancia máxima (en el eje) de la antena.

NOTA 3 – En el Anexo 1 se presentan los datos analíticos que sirven de fundamento a los diagramas de radiación de antena de referencia del servicio de radiodifusión por satélite (es decir, para las estaciones espaciales de transmisión y las estaciones terrenas de recepción).

FIGURA 1

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de la antena receptora de estación terrena en las Regiones 1 y 3



D01-sc

*Curva A:* Componente copolar para la recepción individual, sin supresión de lóbulos laterales (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$\begin{aligned}
 &0 && \text{para } 0 \leq \varphi \leq 0,25 \varphi_0 \\
 &-12 (\varphi/\varphi_0)^2 && \text{para } 0,25 \varphi_0 < \varphi \leq 0,707 \varphi_0 \\
 &- [9,0 + 20 \log (\varphi/\varphi_0)] && \text{para } 0,707 \varphi_0 < \varphi \leq 1,26 \varphi_0 \\
 &- [8,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] && \text{para } 1,26 \varphi_0 < \varphi \leq 9,55 \varphi_0 \\
 &-33 && \text{para } \varphi > 9,55 \varphi_0
 \end{aligned}$$

*Curva A':* Componente copolar para la recepción comunal, sin supresión de lóbulos laterales (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$\begin{aligned}
 &0 && \text{para } 0 \leq \varphi \leq 0,25 \varphi_0 \\
 &-12 (\varphi/\varphi_0)^2 && \text{para } 0,25 \varphi_0 < \varphi \leq 0,86 \varphi_0 \\
 &- [10,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] && \text{para } \varphi > 0,86 \varphi_0 \text{ hasta la intersección con la curva C y a partir de este punto se seguirá la curva C}
 \end{aligned}$$

*Curva B:* Componente contrapolar para ambos tipos de recepción (dB con relación a la ganancia del haz principal):

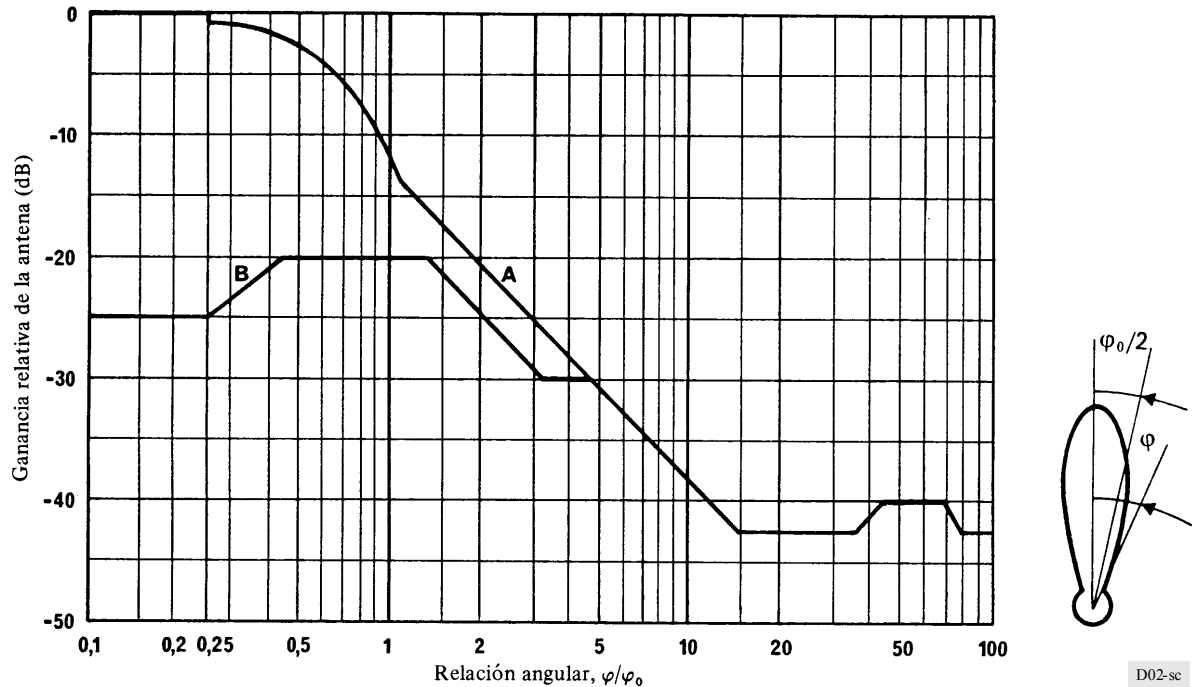
$$\begin{aligned}
 &-25 && \text{para } 0 \leq \varphi \leq 0,25 \varphi_0 \\
 &-(30 + 40 \log |\varphi/\varphi_0 - 1|) && \text{para } 0,25 \varphi_0 < \varphi \leq 0,44 \varphi_0 \\
 &-20 && \text{para } 0,44 \varphi_0 < \varphi \leq 1,4 \varphi_0 \\
 &-(30 + 25 \log |\varphi/\varphi_0 - 1|) && \text{para } 1,4 \varphi_0 < \varphi \leq 2 \varphi_0
 \end{aligned}$$

-30 hasta la intersección con la curva para la componente copolar; después como para la componente copolar

*Curva C:* Valor opuesto de la ganancia en la dirección del eje (la curva C representada en esta figura corresponde al caso particular de una antena con 37 dBi de ganancia en la dirección del eje)

FIGURA 2

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de la antena receptora de estación terrena en la Región 2



Curva A: Componente copolar sin supresión de lóbulos laterales (dB con relación a la ganancia del haz principal):

0	para	$0 \leq \varphi \leq 0,25 \varphi_0$
$-12 (\varphi/\varphi_0)^2$	para	$0,25 \varphi_0 < \varphi \leq 1,13 \varphi_0$
$\{-14 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)\}$	para	$1,13 \varphi_0 < \varphi \leq 14,7 \varphi_0$
-43,2	para	$14,7 \varphi_0 < \varphi \leq 35 \varphi_0$
$\{85,2 - 27,2 \log (\varphi/\varphi_0)\}$	para	$35 \varphi_0 < \varphi \leq 45,1 \varphi_0$
-40,2	para	$45,1 \varphi_0 < \varphi \leq 70 \varphi_0$
$\{-55,2 + 51,7 \log (\varphi/\varphi_0)\}$	para	$70 \varphi_0 < \varphi \leq 80 \varphi_0$
-43,2	para	$80 \varphi_0 < \varphi \leq 180^\circ$

Curva B: Componente contrapolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

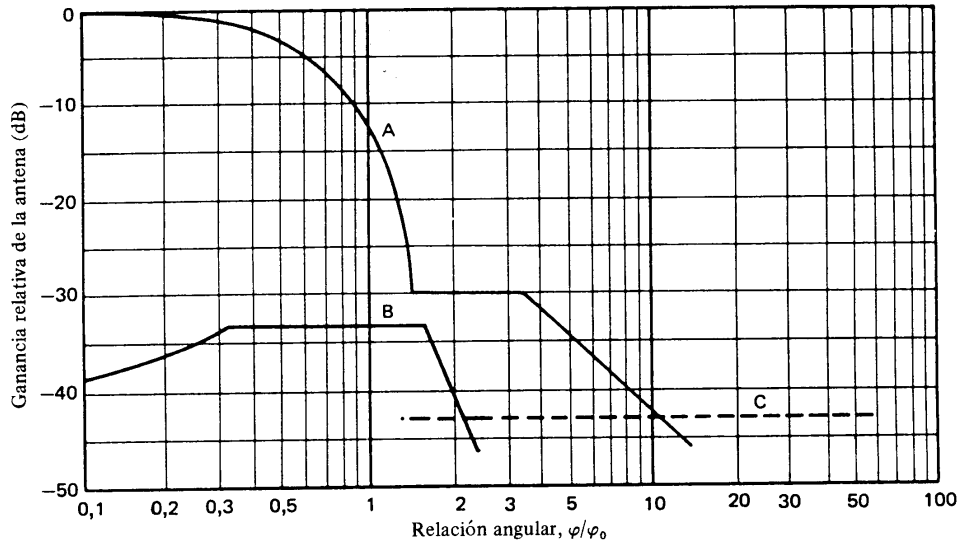
-25	para	$0 \leq \varphi \leq 0,25 \varphi_0$
$-(30 + 40 \log  \varphi/\varphi_0 - 1 )$	para	$0,25 \varphi_0 < \varphi \leq 0,44 \varphi_0$
-20	para	$0,44 \varphi_0 < \varphi \leq 1,28 \varphi_0$
$-(17,3 + 25 \log  \varphi/\varphi_0 )$	para	$1,28 \varphi_0 < \varphi \leq 3,22 \varphi_0$
-30 hasta la intersección con la curva para la componente copolar; después como para la componente copolar		

NOTA 1 – En la gama angular comprendida entre  $0,1 \varphi_0$  y  $1,13 \varphi_0$ , las ganancias copolar y contrapolar no deberán sobrepasar los diagramas de referencia.

NOTA 2 – Para ángulos con respecto al eje principal que sean superiores a  $1,13 \varphi_0$ , y para el 90% de todas las crestas de los lóbulos laterales, en cada una de las ventanas angulares de referencia, la ganancia no deberá sobrepasar los diagramas de referencia. Las ventanas angulares de referencia son de  $1,13 \varphi_0$  a  $3 \varphi_0$ ;  $3 \varphi_0$  a  $6 \varphi_0$ ;  $6 \varphi_0$  a  $10 \varphi_0$ ;  $10 \varphi_0$  a  $20 \varphi_0$ ;  $20 \varphi_0$  a  $40 \varphi_0$ ;  $40 \varphi_0$  a  $75 \varphi_0$  y  $75 \varphi_0$  a  $180^\circ$ .

FIGURA 3

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de la antena transmisora del satélite en las Regiones 1 y 3



D03-sc

*Curva A:* Componente copolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$-12 (\varphi/\varphi_0)^2 \quad \text{para } 0 \leq \varphi \leq 1,58 \varphi_0$$

$$-30 \quad \text{para } 1,58 \varphi_0 < \varphi \leq 3,16 \varphi_0$$

$$- [17,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{para } \varphi > 3,16 \varphi_0$$

Después de la intersección con la curva C: como en la curva C

*Curva B:* Componente contrapolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$-(40 + 40 \log |\varphi/\varphi_0 - 1|) \quad \text{para } 0 \leq \varphi \leq 0,33 \varphi_0$$

$$-33 \quad \text{para } 0,33 \varphi_0 < \varphi \leq 1,67 \varphi_0$$

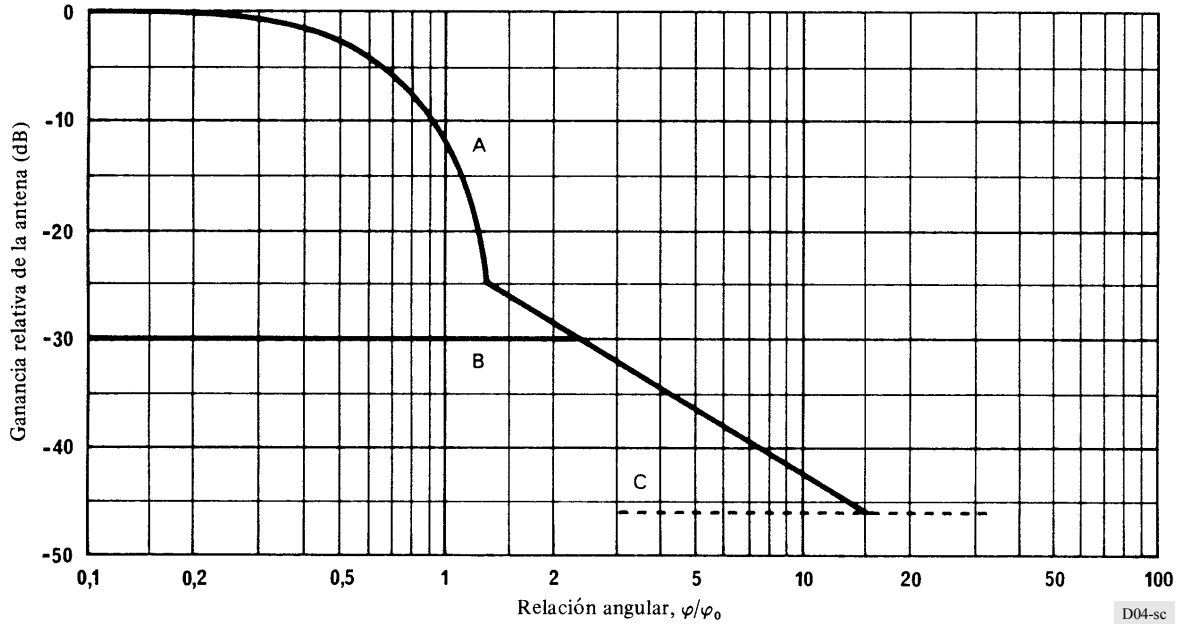
$$-(40 + 40 \log |\varphi/\varphi_0 - 1|) \quad \text{para } \varphi > 1,67 \varphi_0$$

Después de la intersección con la curva C: como en la curva C

*Curva C:* Valor opuesto de la ganancia en la dirección del eje (la curva C representada en esta figura corresponde al caso particular de una antena con 43 dBi de ganancia en la dirección del eje)

FIGURA 4

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de la antena transmisora de satélite en la Región 2



Curva A: Componente copolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$- 12 (\varphi/\varphi_0)^2 \quad \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 \leq 1,45$$

$$- [22 + 20 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{para } \varphi/\varphi_0 > 1,45$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C

Curva B: Componente contrapolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

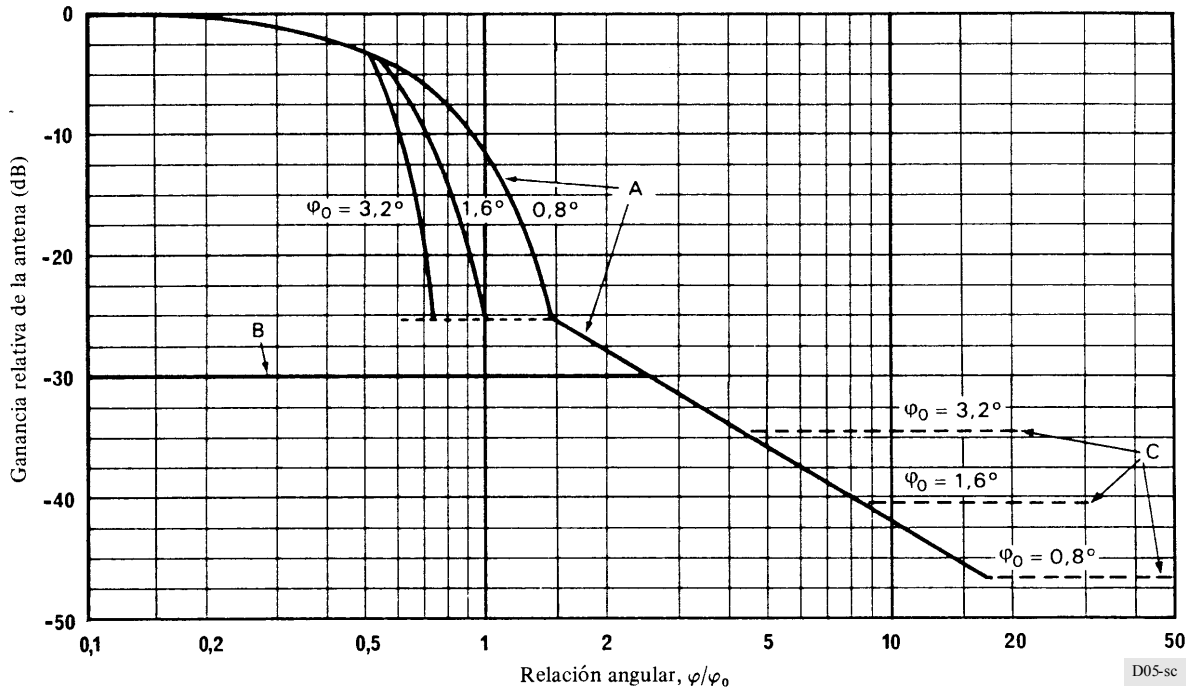
$$- 30 \quad \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 \leq 2,51$$

Después de la intersección con el diagrama copolar: como el diagrama copolar

Curva C: Valor opuesto de la ganancia en la dirección del eje (la curva C representada en esta figura corresponde al caso particular de una antena con 46 dBi de ganancia en la dirección del eje)

FIGURA 5

Diagramas de radiación de referencia para las componentes copolar y contrapolar de las antenas transmisoras de satélite con régimen de caída rápida en el haz principal, en la Región 2



Curva A: Componente copolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$\begin{aligned}
 & -12 (\varphi/\varphi_0)^2 && \text{para} && 0 \leq \varphi/\varphi_0 \leq 0,5 \\
 & -18,75 \varphi_0^2 (\varphi/\varphi_0 - x)^2 && \text{para} && 0,5 < \varphi/\varphi_0 \leq 1,16/\varphi_0 + x \\
 & -25,23 && \text{para} && 1,16/\varphi_0 + x < \varphi/\varphi_0 \leq 1,45 \\
 & -[22 + 20 \log (\varphi/\varphi_0)] && \text{para} && \varphi/\varphi_0 > 1,45
 \end{aligned}$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C

Curva B: Componente contrapolar (dB con relación a la ganancia del haz principal):

$$-30 \quad \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 < 2,51$$

Después de la intersección con el diagrama copolar: como el diagrama copolar

Curva C: Ganancia en la dirección del eje del haz principal, como signo menos (las curvas A y C representan ejemplos de tres antenas que tienen diferentes valores de  $\varphi_0$ , según se indica en la Fig. 5. Las ganancias en la dirección del eje de estas antenas son aproximadamente 34, 40 y 46 dBi, respectivamente),

donde:

$\varphi$  : ángulo con respecto al eje principal (grados)

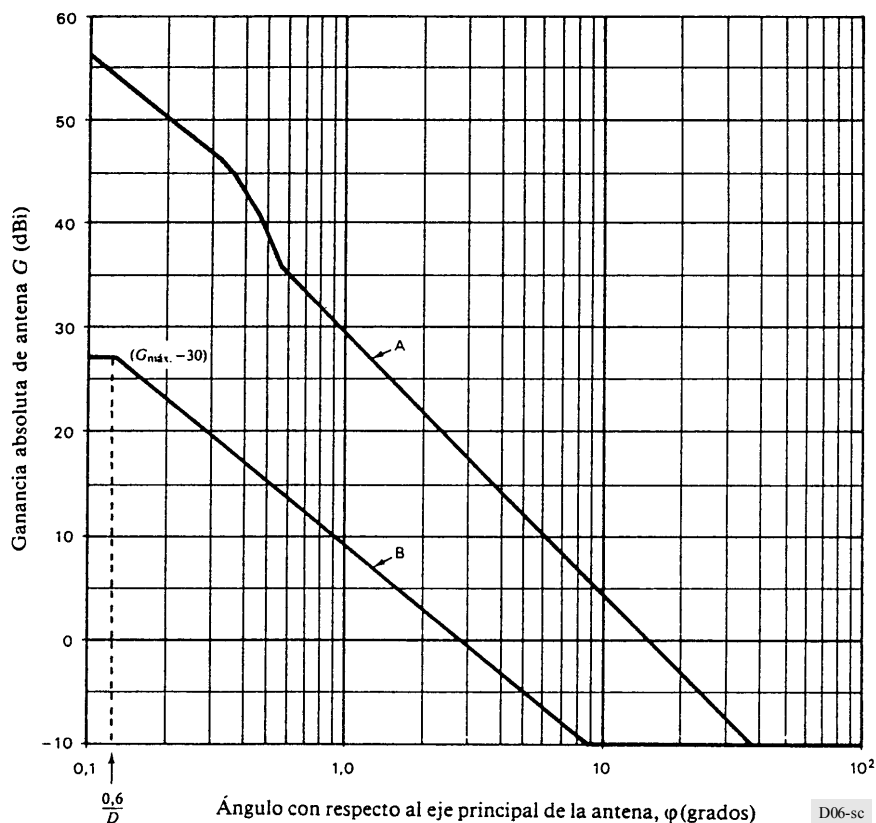
$\varphi_0$ : dimensión de la elipse mínima que abarca la zona de servicio del enlace de conexión en la dirección considerada (grados)

$$x = 0,5 (1 - 0,8/\varphi_0)$$



FIGURA 6

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de antenas de estación terrena para enlaces de conexión en la Región 2



Curva A: Componente copolar (dBi):

$$36 - 20 \log \varphi \quad \text{para } 0,1^\circ \leq \varphi < 0,32^\circ$$

$$51,3 - 53,2 \varphi^2 \quad \text{para } 0,32^\circ \leq \varphi < 0,54^\circ$$

$$29 - 25 \log \varphi \quad \text{para } 0,54^\circ \leq \varphi < 36^\circ$$

$$-10 \quad \text{para } \varphi \geq 36^\circ$$

donde:

$\varphi$  : ángulo con respecto al eje principal de la antena (grados)

$G_{m\acute{a}x}$  : ganancia copolar en el eje de la antena (dBi)

$D$  : diámetro de la antena (m) ( $D \geq 2,5$ ).

Curva B: Componente contrapolar (dBi):

$$G_{m\acute{a}x} - 30 \quad \text{para } \varphi < (0,6/D)^\circ$$

$$9 - 20 \log \varphi \quad \text{para } (0,6/D)^\circ \leq \varphi < 8,7^\circ$$

$$-10 \quad \text{para } \varphi \geq 8,7^\circ$$

NOTA 1 – En la gama angular comprendida entre  $0,1^\circ$  y  $0,54^\circ$ , la ganancia copolar no deberá pasar del diagrama de referencia.

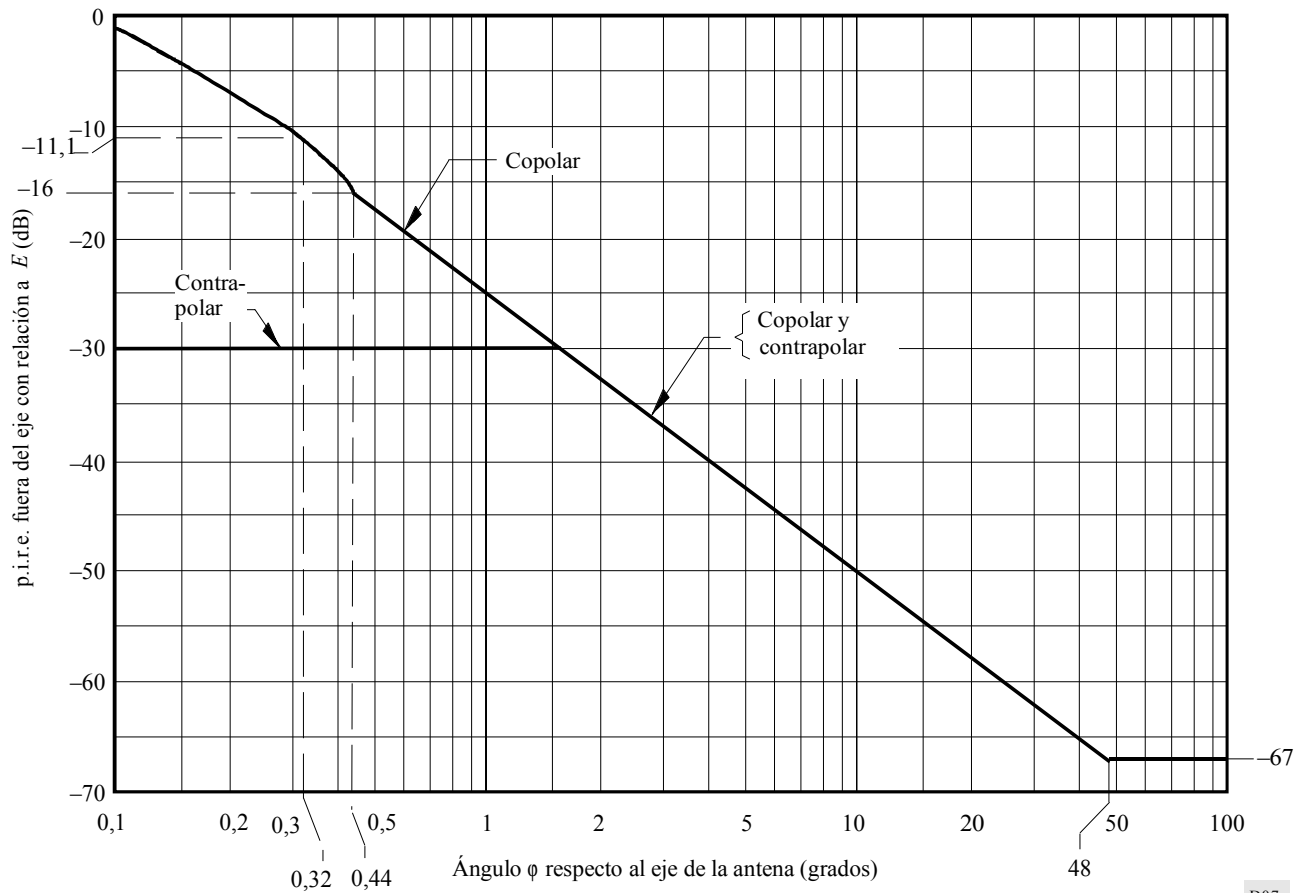
NOTA 2 – En la gama angular comprendida entre  $0^\circ$  y  $(0,6/D)^\circ$ , la ganancia copolar no deberá pasar del diagrama de referencia.

NOTA 3 – Para valores más elevados del ángulo con respecto al eje principal y para el 90% de todas las crestas de lóbulos laterales, en cada una de las ventanas angulares de referencia, la ganancia no deberá sobrepasar los diagramas de referencia. Las ventanas angulares de referencia son de  $0,54^\circ$  a  $1^\circ$ ,  $1^\circ$  a  $2^\circ$ ,  $2^\circ$  a  $4^\circ$ ,  $4^\circ$  a  $7^\circ$ ,  $7^\circ$  a  $10^\circ$ ,  $10^\circ$  a  $20^\circ$ ,  $20^\circ$  a  $40^\circ$ ,  $40^\circ$  a  $70^\circ$ ,  $70^\circ$  a  $100^\circ$  y  $100^\circ$  a  $180^\circ$ . La primera ventana angular de referencia para evaluar la componente contrapolar deberá estar comprendida entre  $(0,6/D)^\circ$  y  $1^\circ$ .

NOTA 4 – El eje X representa el valor absoluto del ángulo. El Plan de enlaces de conexión se basa en una antena transmisora de estación terrena de 5 m de diámetro para la banda 17,3-18,1 GHz.

FIGURA 7

p.i.r.e. fuera del eje de la antena de la estación terrena  
para antenas de estación terrena de enlaces de conexión



Componente copolar (dBW):

$E$	(dBW)	para $0^\circ < \varphi \leq 0,1^\circ$
$E - 21 - 20 \log \varphi$	(dBW)	para $0,1^\circ < \varphi \leq 0,32^\circ$
$E - 5,7 - 53,2 \varphi^2$	(dBW)	para $0,32^\circ < \varphi \leq 0,44^\circ$
$E - 25 - 25 \log \varphi$	(dBW)	para $0,44^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
$E - 67$	(dBW)	para $\varphi > 48^\circ$

Componente contrapolar (dBW):

$E - 30$	(dBW)	para $0^\circ \leq \varphi \leq 1,6^\circ$
$E - 25 - 25 \log \varphi$	(dBW)	para $1,6^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
$E - 67$	(dBW)	para $\varphi > 48^\circ$

donde:

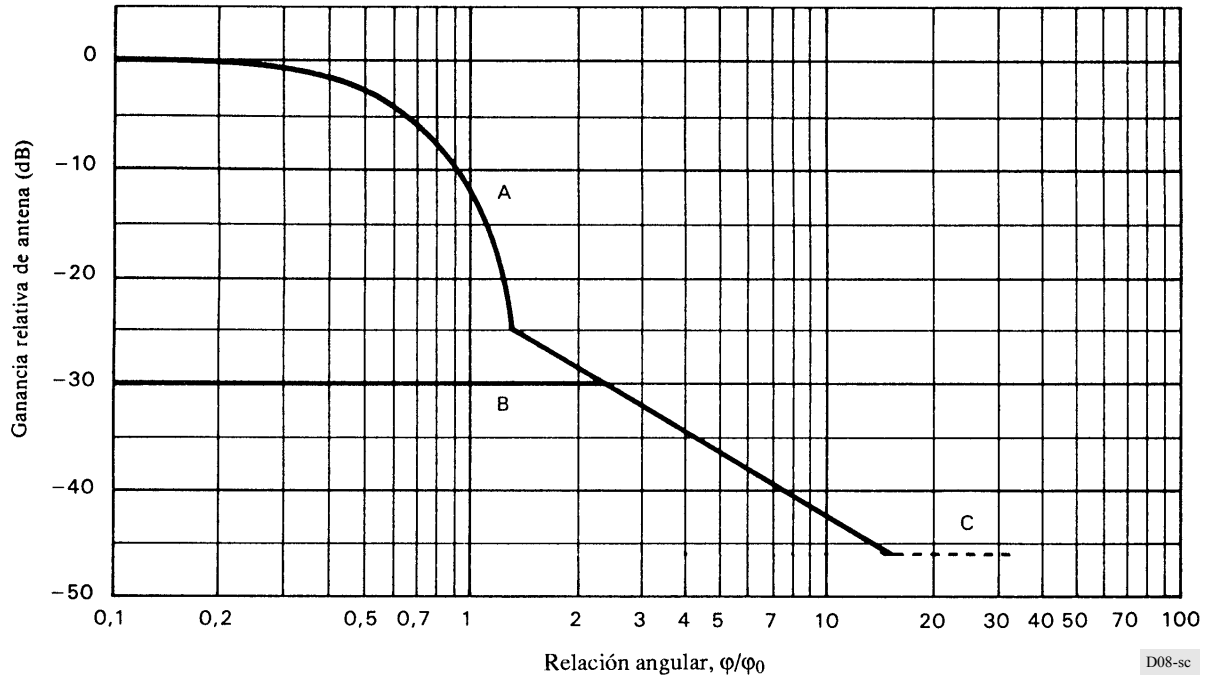
$E$ : p.i.r.e. en el eje de la antena de la estación terrena (dBW)

$\varphi$ : ángulo con relación al eje del lóbulo principal (grados)

NOTA 1 – El eje  $X$  representa el valor absoluto del ángulo. El Plan de enlaces de conexión se basa en antenas transmisoras de estación terrena de 5 m de diámetro para la banda 17,3-18,1 GHz y de 6 m para la banda 14,5-14,8 GHz.

FIGURA 8

Diagramas de referencia de las componentes copolar y contrapolar de la antena receptora de satélite en la Región 2



Curva A: Componente copolar (dB en relación con la ganancia del haz principal):

$$- 12 (\phi/\phi_0)^2 \quad \text{para } 0 \leq \phi/\phi_0 \leq 1,45$$

$$- [22 + 20 \log (\phi/\phi_0)] \quad \text{para } \phi/\phi_0 > 1,45$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C

Curva B: Componente contrapolar (dB en relación con la ganancia del haz principal):

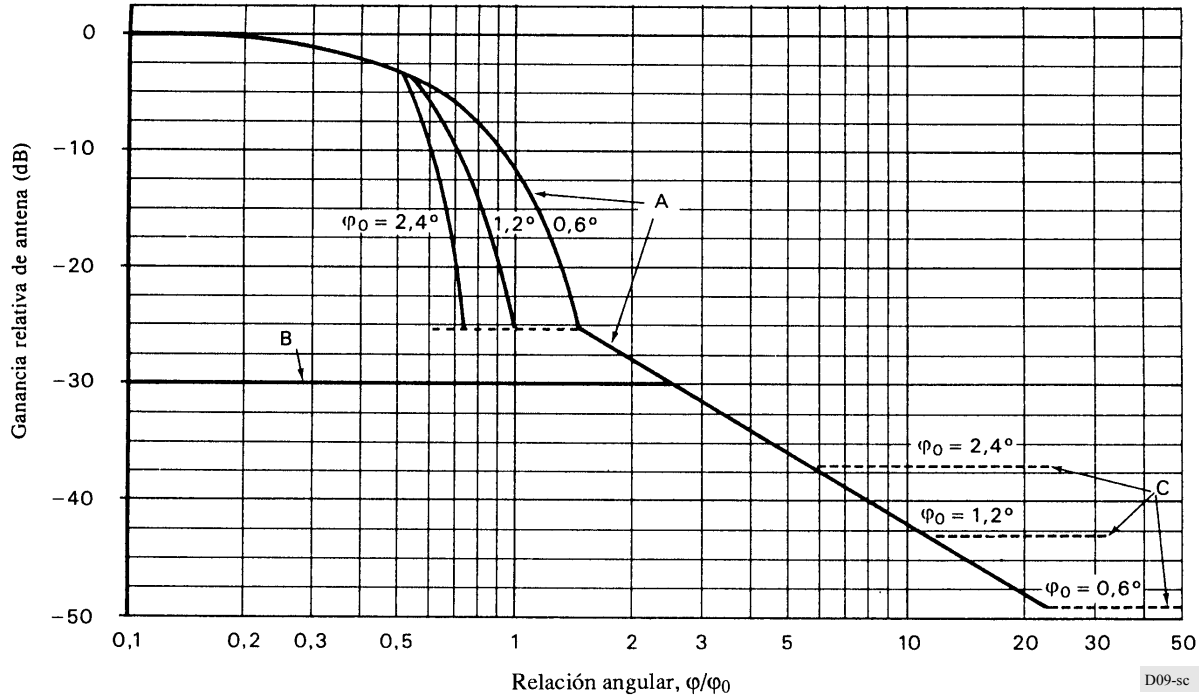
$$- 30 \quad \text{para } 0 \leq \phi/\phi_0 \leq 2,51$$

Después de la intersección con la curva A: como la curva A

Curva C: Valor opuesto de la ganancia en el eje (la curva C representada en esta figura corresponde al caso particular de una antena con 46 dBi de ganancia en el eje)

FIGURA 9

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de las antenas receptoras de satélite con régimen de caída rápida en el haz principal, para la Región 2



Curva A: Componente copolar (dB en relación con la ganancia del haz principal):

$$\begin{aligned}
 & -12 (\varphi/\varphi_0)^2 && \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 \leq 0,5 \\
 & -33,33 \varphi_0^2 (\varphi/\varphi_0 - x)^2 && \text{para } 0,5 < \varphi/\varphi_0 \leq 0,87/\varphi_0 + x \\
 & -25,23 && \text{para } 0,87/\varphi_0 + x < \varphi/\varphi_0 \leq 1,413 \\
 & -[22 + 20 \log (\varphi/\varphi_0)] && \text{para } \varphi/\varphi_0 > 1,413
 \end{aligned}$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C

Curva B: Componente contrapolar (dB en relación con la ganancia del haz principal):

$$-30 \quad \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 < 2,51$$

Después de la intersección con la curva A: como la curva A

Curva C: Ganancia en el eje del haz principal, como signo menos (las curvas A y C representan ejemplos de tres antenas que tienen diferentes valores de  $\varphi_0$ , según se indica en la Fig. 9. Las ganancias en el eje de estas antenas son 37, 43 y 49 dBi, respectivamente),

donde:

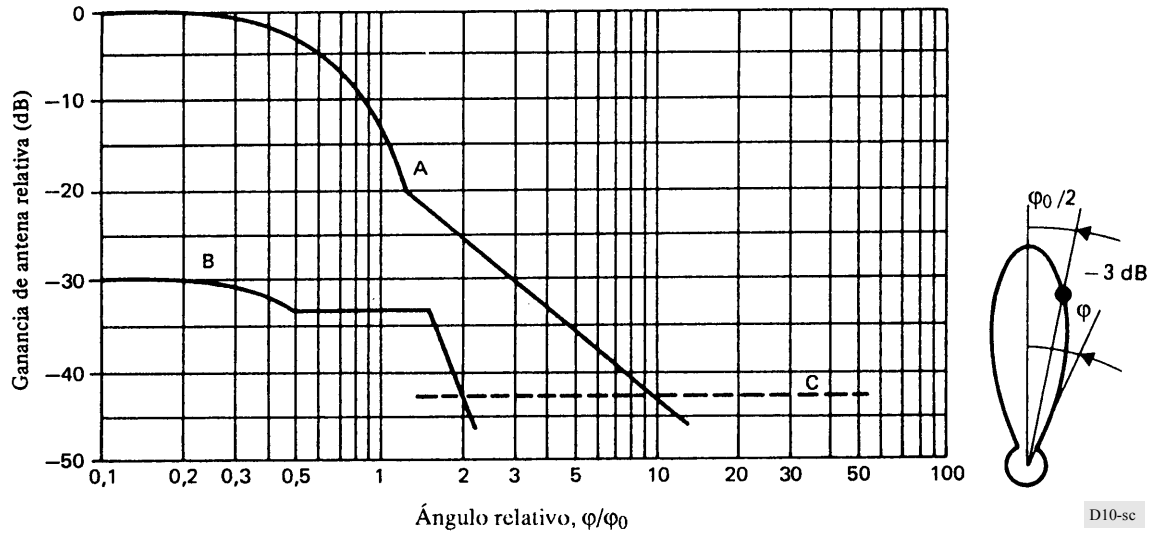
$\varphi$  : ángulo con respecto al eje principal (grados)

$\varphi_0$ : dimensión de la elipse mínima que abarca la zona de servicio del enlace de conexión en la dirección considerada (grados)

$$x = 0,5 (1 - 0,6/\varphi_0)$$

FIGURA 10

**Diagrama de referencia de la antena receptora de satélite  
generalmente empleado en las Regiones 1 y 3**



*Curva A:* Componente copolar

El diagrama de referencia copolar viene dado por la fórmula:

Ganancia copolar relativa (dB)

$$G = -12 (\phi/\phi_0)^2 \quad \text{para } 0 \leq \phi/\phi_0 \leq 1,30$$

$$G = -17,5 - 25 \log (\phi/\phi_0) \quad \text{para } \phi/\phi_0 > 1,30$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C (la curva C corresponde al valor opuesto de la ganancia en el eje)

*Curva B:* Componente contrapolar

El diagrama de referencia contrapolar viene dado por la fórmula:

Ganancia relativa de polarización cruzada (dB)

$$G = -30 - 12 (\phi/\phi_0)^2 \quad \text{para } 0 \leq \phi/\phi_0 \leq 0,5$$

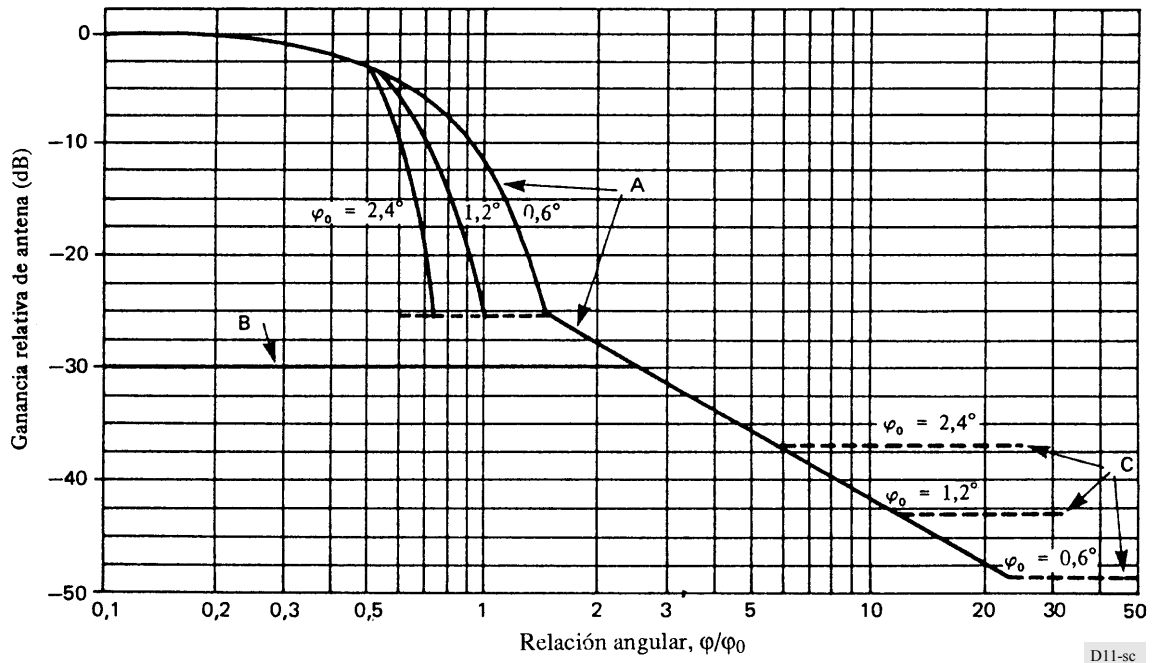
$$G = -33 \quad \text{para } 0,5 < \phi/\phi_0 \leq 1,67$$

$$G = -40 - 40 \log (\phi/\phi_0 - 1) \quad \text{para } \phi/\phi_0 > 1,67$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C (la curva C corresponde al valor opuesto de la ganancia en el eje)

FIGURA 11

Diagramas de referencia para las componentes copolar y contrapolar de las antenas receptoras de satélite con régimen de caída rápida en el haz principal, para las Regiones 1 y 3



Curva A: Componente copolar (dB en relación con la ganancia del haz principal):

$$\begin{aligned}
 & -12 (\varphi/\varphi_0)^2 && \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 \leq 0,5 \\
 & -33,33 \varphi_0^2 (\varphi/\varphi_0 - x)^2 && \text{para } 0,5 < \varphi/\varphi_0 \leq 0,87/\varphi_0 + x \\
 & -25,23 && \text{para } 0,87/\varphi_0 + x < \varphi/\varphi_0 \leq 1,413 \\
 & -[22 + 20 \log (\varphi/\varphi_0)] && \text{para } \varphi/\varphi_0 > 1,413
 \end{aligned}$$

Después de la intersección con la curva C: como la curva C

Curva B: Componente contrapolar (dB en relación con la ganancia del haz principal):

$$-30 \quad \text{para } 0 \leq \varphi/\varphi_0 < 2,51$$

Después de la intersección con la curva A: como la curva A

Curva C: Valor opuesto de la ganancia en el eje (las curvas A y C representan ejemplos de tres antenas que tienen diferentes valores de  $\varphi_0$ , según se indica en la fig. 11. Las ganancias en el eje de estas antenas son 37, 43 y 49 dBi, respectivamente),

donde:

$\varphi$  : ángulo con relación al eje principal (grados)

$\varphi_0$ : dimensión de la elipse mínima que abarca la zona de servicio del enlace de conexión en la dirección considerada (grados)

$$x = 0,5 (1 - 0,6/\varphi_0)$$

## ANEXO 1

**1 Introducción**

Para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite, se requieren ciertos supuestos relativos a la ganancia máxima de la antena (tanto para la transmisión como para la recepción), así como de la forma en que la ganancia disminuye en función del ángulo medio a partir del eje del haz. Esta información es esencial para el cálculo de la interferencia entre las emisiones destinadas a diferentes zonas de servicio. Los diagramas se presentan en función de la relación angular  $\varphi/\varphi_0$ , en donde  $\varphi$  es el ángulo medio desde el eje del haz y  $\varphi_0$  es la anchura angular del haz medida entre los niveles a  $-3$  dB. Los niveles se han expresado en dB con respecto a la ganancia máxima (en el eje) de la antena.

Los diagramas se han especificado separadamente para las componentes copolar y contrapolar. Se aplican igualmente a las polarizaciones lineal y circular. Se ha previsto que puedan aplicarse a la totalidad de la banda de radiodifusión objeto de estudio y para todos los valores de ángulos de acimut.

**2 Antena receptora de la estación terrena****2.1 Componente copolar**

Teniendo en cuenta que los sistemas de radiodifusión por satélite requieren el empleo de un número elevado de antenas de recepción (tanto para la recepción individual como para la comunal), las normas de calidad de funcionamiento que son razonables en el aspecto económico tienden a ser más reducidas que en el caso de las antenas de transmisión. Por otra parte, al especificar el diagrama de referencia, debe tenerse en cuenta el probable error de orientación de la antena hacia el satélite deseado.

Para tener en cuenta el error de orientación, se sugiere que el diagrama de referencia corresponda a una ganancia relativa de 0 dB para relaciones angulares de hasta  $\varphi/\varphi_0 = 0,25$ . A continuación, cabe esperar que la curva se ajuste a la ley cuadrática (es decir, que el nivel relativo sea igual a  $-12 (\varphi/\varphi_0)^2$  dB), de la misma manera que en el caso de la antena de transmisión que se examina en el § 3.1, hasta un nivel de  $-6$  dB.

Para ángulos mayores, el nivel relativo dependerá del grado en que se utilicen técnicas de supresión de los lóbulos laterales.

Para las antenas destinadas a la recepción individual, sin emplear dichas técnicas, el límite superior del nivel relativo disminuye por debajo del punto de  $-6$  dB en una proporción que viene indicada por la fórmula:

$$-[9 + 20 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{dB}$$

hasta  $\varphi/\varphi_0 = 1,26$ , y a partir de este punto desciende en una proporción más rápida, indicada por:

$$-[8,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{dB}$$

hasta  $\varphi/\varphi_0 = 9,55$ . Más allá de este punto, se toma un nivel constante de  $-33$  dB para el resto de la envolvente.

Según la CAMR-RS-77, la Curva A de la Fig. 1 para recepción individual (en la Región 2) se extiende hasta un valor de  $\varphi/\varphi_0 = 15,14$ , con un valor constante de  $-38$  dB por encima de éste (véase el Anexo 8 a las Actas Finales de la CAMR-RS-77).

Para la recepción comunal, sin empleo de técnicas de supresión de lóbulos laterales, el nivel relativo se obtiene por medio de la fórmula:

$$-[10,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{dB}$$

a partir de  $\varphi/\varphi_0 = 0,86$  y continuando hasta alcanzar el nivel correspondiente al valor opuesto de la ganancia en la dirección del eje. El diagrama correspondiente a un receptor comunal sin supresión de lóbulos laterales se indica en la Curva A' de la Fig. 1.

Se emplean las técnicas de supresión de lóbulos laterales, la curva  $-12 (\varphi/\varphi_0)^2$  podría continuarse hasta un ángulo relativo de  $\varphi/\varphi_0 = 1,44$ , correspondiente a un nivel relativo de  $-25$  dB. Los lóbulos laterales podrían mantenerse a un nivel inferior a éste hasta un ángulo relativo de  $\varphi/\varphi_0 = 3,8$  y, a continuación, el nivel descendiente de acuerdo con una curva definida por:

$$-[10,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{dB}$$

## 2.2 Componente contrapolar

El nivel de la componente contrapolar puede definirse de la misma forma que en el caso de la antena de transmisión, pero cabe esperar una calidad de funcionamiento menos satisfactoria. Además, debe tenerse en cuenta la probable inexactitud de orientación de la antena. Por ello, se propone que el nivel sea de  $-25$  dB hasta una relación angular  $\varphi/\varphi_0 = 0,25$ . Seguidamente, este nivel aumenta de acuerdo con la curva:

$$-(30 + 40 \log |(\varphi/\varphi_0) - 1|) \quad \text{dB}$$

hasta un máximo de  $-20$  dB, que se mantiene hasta una relación angular  $\varphi/\varphi_0 = 1,4$ . Después, el nivel desciende de acuerdo con la curva:

$$-(30 + 25 \log |(\varphi/\varphi_0) - 1|) \quad \text{dB}$$

hasta un nivel de  $-30$  dB. Se mantiene el nivel de  $-30$  dB hasta la intersección con la curva de componente copolar, y continúa después como la componente copolar. El diagrama resultante se muestra en la Curva B de la Fig. 1. Puede considerarse que se aplica tanto a la recepción individual como a la recepción comunal.

## 3 Antena transmisora del satélite

La planificación se basó en el supuesto de que los haces emitidos por el satélite tienen sección transversal elíptica o circular; los diagramas de referencia se basan también en esta condición.

Sin embargo, las antenas con haces de forma especial pueden ser de gran utilidad para los satélites de radiodifusión; facilitan la supresión de desbordamiento no deseado hacia países vecinos, al mismo tiempo que aseguran la cobertura eficaz de la zona de servicio.



### 3.1 Componente copolar

Conviene suponer que el diagrama de referencia comprende tres secciones, a saber:

- el lóbulo principal, que corresponde aproximadamente a  $0 < \varphi/\varphi_0 < 1,6$ ;
- los lóbulos laterales cercanos al haz principal, que corresponden aproximadamente a  $1,6 < \varphi/\varphi_0 < 3,2$ ;
- los lóbulos laterales distantes del haz principal, que corresponden aproximadamente a  $\varphi/\varphi_0 > 3,2$ .

La envolvente del lóbulo principal puede aproximarse satisfactoriamente por medio de una curva de la forma  $-12(\varphi/\varphi_0)^2$  dB. Este punto ha sido confirmado mediante mediciones en una serie de antenas ya fabricadas en Estados Unidos de América.

El nivel de radiación en la región de los lóbulos laterales cercanos es de particular importancia para los satélites de radiodifusión, puesto que ejerce un efecto significativo sobre la interferencia entre las distintas zonas de servicio. Por ello, será esencial emplear antenas cuya concepción permita reducir el nivel de los lóbulos laterales cercanos.

Pueden lograrse niveles de lóbulo lateral inferiores a  $-30$  dB utilizando configuraciones de alimentación excéntrica, como una bocina Cassegrain.

En lo que respecta a los lóbulos laterales distantes, las mediciones efectuadas en Estados Unidos de América demuestran que, aplicando la técnica corriente, el nivel puede mantenerse dentro de una envolvente definida por la curva:

$$-[17,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)] \quad \text{dB}$$

Los estudios efectuados por la Agencia Espacial Europea demuestran que, de ser necesario, podrían diseñarse antenas en las cuales el nivel de los lóbulos laterales distantes descendiera con respecto a  $\varphi/\varphi_0$ , con mayor rapidez que la indicada por la fórmula precedente.

Se admite que, en la práctica, puede existir un límite algo más bajo a partir del cual el nivel sea una curva asíntota. Para el diagrama de referencia, se considera que este límite es igual, en valor negativo, a la ganancia en el eje de la antena.

Teniendo en cuenta lo que precede, el diagrama de referencia propuesto para la componente copolar de la antena de transmisión del satélite se ha definido en la Fig. 3. Es posible que en la práctica resulte difícil alcanzar ese valor en las proximidades de  $\varphi/\varphi_0 = 1,5$ . Un método para mejorar esta situación consiste en utilizar un reflector mayor con iluminación decreciente hacia los bordes.

### 3.2 Componente contrapolar

De un estudio efectuado por la Unión Europea de Radiodifusión se desprende que el límite superior de la componente contrapolar puede expresarse de la forma siguiente:

$$-(a + b \log |(\varphi/\varphi_0) - 1|) \quad \text{dB} \quad (1)$$

en donde  $a$  y  $b$  son constantes.

Se ha tenido en cuenta la discontinuidad que ocurre en  $\varphi/\varphi_0 = 1$  al aplicar un límite a los valores admisibles para la envolvente.

Teóricamente, el nivel puede mantenerse arbitrariamente bajo en todos los ángulos; algunos estudios han indicado que este nivel podría incluso reducirse hasta  $-40$  dB. No obstante, hasta que se haya obtenido más experiencia práctica en el diseño y fabricación de antenas con muy poca radiación de polarización cruzada, es prudente adoptar, para un diagrama de referencia, una especificación algo menos estricta.

En la práctica, el nivel de la respuesta contrapolar depende principalmente de las características del alimentador. Si el alimentador de la antena transmisora se utiliza exclusivamente para la transmisión y no tiene que formar parte de un conjunto de alimentadores de funciones múltiples, podrán obtenerse excelentes respuestas de polarización cruzada en la gama de  $-35$  a  $-40$  dB en el haz principal.

Teniendo en cuenta el limitado volumen de información disponible sobre resultados de mediciones, se propone que  $a$  y  $b$  sean iguales a 40, en la fórmula (1), con un límite superior de  $-33$  para  $\varphi/\varphi_0 < 1,5$  y con un límite igual al valor opuesto de la ganancia en la dirección del eje para  $\varphi/\varphi_0 > 1,5$ .

El diagrama propuesto se ha incluido en la Fig. 3. Es posible que en la práctica resulte difícil alcanzar el valor próximo al eje de puntería.

Si el sistema de alimentación se utiliza tanto para la transmisión como para la recepción, o si se utiliza un conjunto de alimentadores múltiples para generar un haz de forma irregular, puede que no sea posible lograr la característica contrapolar indicada en la Fig. 3.

### 3.3 Valores propuestos para $\varphi_0$

En el Cuadro 1 se indican los valores de  $\varphi_0$  sugeridos para diferentes tipos de servicio de radiodifusión.

En algunas instalaciones receptoras pueden utilizarse antenas de mayor ganancia, por ejemplo para obtener una mejor relación señal/ruido, pero el propósito del cuadro es indicar los valores de  $\varphi_0$  para las antenas que probablemente se utilizarán en la mayoría de las instalaciones receptoras.

Se señala que las antenas con menor anchura de haz exigen una alineación y montaje de gran precisión para evitar una degradación en recepción y que pueden necesitar también una especificación del movimiento máximo del satélite, de mayor exigencia que en el caso de satélites para otros servicios.

CUADRO 1

#### Anchuras de haz a potencia mitad $\varphi_0$ , para las antenas receptoras en tierra (Los diámetros típicos figuran entre paréntesis)

Frecuencia	Servicio de radiodifusión por satélite		Servicio de radiodifusión terrenal
	Recepción comunal	Recepción individual	
12 GHz (1)	1,0° (1,8 m) (Regiones 1 y 3)	2,0° (Regiones 1 y 3) (0,9 m) 1,7° (Región 2) (1 m)	3,0° (2) (0,6 m)

(1) Estos son los valores de  $\varphi_0$  adoptados en la CAMR-RS-77 para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz, aplicables en las Regiones 1 y 3, y los adoptados en la CARR SAT-83 para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz, aplicables en la Región 2.

(2) Algunas administraciones proponen un valor distinto para este parámetro.