

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.731-1

**Diagrama de radiación contrapolar de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación de frecuencias y la evaluación de la interferencia en la gama de frecuencias comprendida entre 2 y unos 30 GHz**

(1992-2005)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que, para los estudios de coordinación y para la evaluación de la interferencia mutua entre sistemas de radiocomunicación por satélite y entre las estaciones terrenas de dichos sistemas y las estaciones de otros servicios que comparten la misma banda de frecuencias, sería útil emplear un diagrama de radiación contrapolar en las antenas de estación terrena;
- b) que, para la determinación de la distancia de coordinación y para evaluar la interferencia entre estaciones terrenas y terrestres, sería apropiado utilizar un diagrama de radiación contrapolar basado en el nivel excedido por un pequeño porcentaje de las crestas de los lóbulos laterales;
- c) que la Recomendación UIT-R S.465 incluye un diagrama de radiación contrapolar de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación de frecuencias y en la evaluación de la interferencia;
- d) que se han efectuado algunas medidas de la ganancia contrapolar fuera del eje de las estaciones terrenas y se han desarrollado diagramas de radiación que son cuantitativamente similares;
- e) que puede utilizarse un diagrama único de referencia contrapolar fuera del eje que incluya los del Anexo 1;
- f) que la utilización de antenas con diagramas de radiación óptimos llevará a la utilización más eficaz del espectro de radiofrecuencias y de la órbita de los satélites geoestacionarios,

*reconociendo*

- 1 que conviene obtener más información sobre mediciones de la radiación contrapolar;
- 2 que la ganancia fuera del eje medida en las antenas de estación terrena incluye la emisión contrapolar de dichas antenas;
- 3 que los diagramas de radiación contrapolar se miden en el haz principal de la antena transmisora,

*recomienda*

- 1 que, a falta de información particular sobre los diagramas de radiación contrapolar de las antenas de las estaciones terrenas en cuestión, se emplee un diagrama de radiación de referencia único para:
  - 1.1 los estudios de coordinación de frecuencias y la evaluación de la interferencia entre estaciones terrenas de los sistemas del servicio fijo por satélite y de las estaciones de otros servicios que comparten la misma banda de frecuencias;

**1.2** los estudios de coordinación y la evaluación de la interferencia entre redes del servicio fijo por satélite;

**2** que se utilicen los diagramas de radiación contrapolar indicados a continuación, a título provisional, para los ángulos comprendidos entre las direcciones consideradas y el eje del haz principal, en las frecuencias de la banda entre 2 y 30 GHz:

$$\begin{array}{llll}
 G_x(\varphi) = 23 - 20 \log \varphi & \text{dBi} & \text{para } \varphi_r \leq \varphi \leq 7^\circ \\
 G_x(\varphi) = 20,2 - 16,7 \log \varphi & \text{dBi} & \text{para } 7^\circ < \varphi \leq 26,3^\circ \\
 G_x(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi & \text{dBi} & \text{para } 26,3^\circ < \varphi \leq 48^\circ \\
 G_x(\varphi) = -10 & \text{dBi} & \text{para } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ
 \end{array}$$

$\varphi_r$  es igual a  $1^\circ$  ó  $100 \lambda/D$ , de los dos el mayor;

**3** que las Notas indicadas a continuación formen parte integrante de esta Recomendación.

NOTA 1 – Se supone que el diagrama de radiación contrapolar de referencia tiene simetría rotacional.

NOTA 2 – El diagrama de referencia contrapolar debe utilizarse en los casos relacionados con polarizaciones opuestas.

NOTA 3 – Pueden utilizarse otros diagramas de radiación contrapolar de estación terrena mediante acuerdo mutuo entre las administraciones en cuestión.

NOTA 4 – El diagrama de radiación de referencia debe utilizarse con cautela en una gama de ángulos en la que el sistema de alimentación particular puede dar lugar a niveles relativamente elevados de desbordamiento y para antenas cuya relación  $D/\lambda$  es inferior a 50.

NOTA 5 – El diagrama de radiación contrapolar complementa el diagrama copolar de la Recomendación UIT-R S.465.

NOTA 6 – En relación con el *recomienda* 2, el Anexo 1 contiene varios diagramas de radiación contrapolar fuera del eje que corresponden a las envolventes de las crestas de las características de ganancia medidas de diversas antenas.

## Anexo 1

### Modelado de las características contrapolares de las antenas de estación terrena

Este Anexo presenta la información básica utilizada para elaborar diagramas contrapolares obtenidos para los diagramas teóricos y medidos. Las mediciones en diagramas se llevaron a cabo para antenas de distintos diámetros (1,2 m, 1,8 m, 2,4 m, 3,5 m a 12,625 GHz y 3,7 m a 10,7 GHz). Para cada diámetro de antena se describen los diagramas relativos medidos y de envolventes. A continuación se obtienen las ecuaciones que describen las envolventes relativas contrapolares para antenas de  $D/\lambda \geq 100$  y  $D/\lambda < 100$ . Se elabora una función única que puede utilizarse para describir el diagrama contrapolar fuera del eje de todas las antenas.

Las Figs. 1 y 2 muestran los diagramas copolar y contrapolar calculados para antenas de alimentador único desplazado, junto con sus funciones de envolvente respectivas. La Fig. 3 muestra los efectos de los apoyos del alimentador en las disposiciones axisimétricas.

FIGURA 1

Diagramas copolar y contrapolar de antena con alimentador único desplazado de 1,8 m de diámetro a 3,95 GHz – plano azimutal

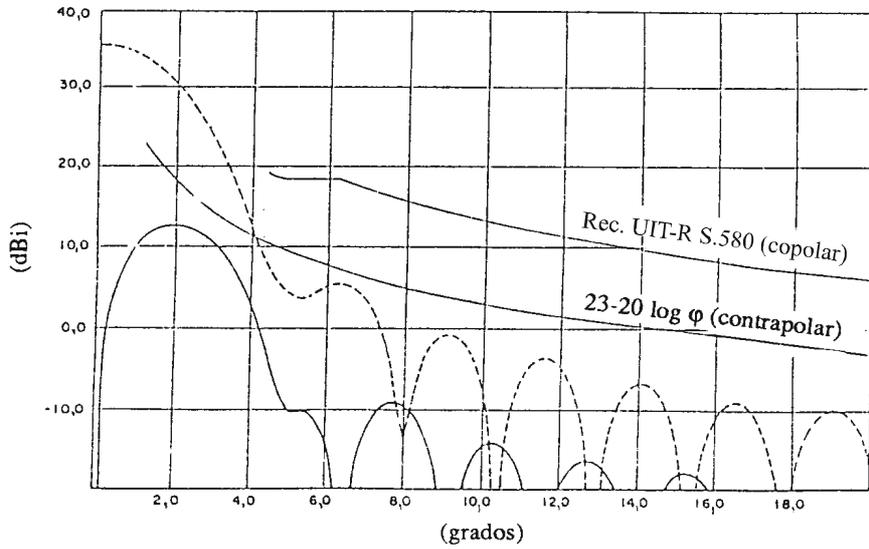


FIGURA 2

Diagramas copolar y contrapolar de antena con alimentador único desplazado de 1,8 m de diámetro a 6,175 GHz – plano azimutal

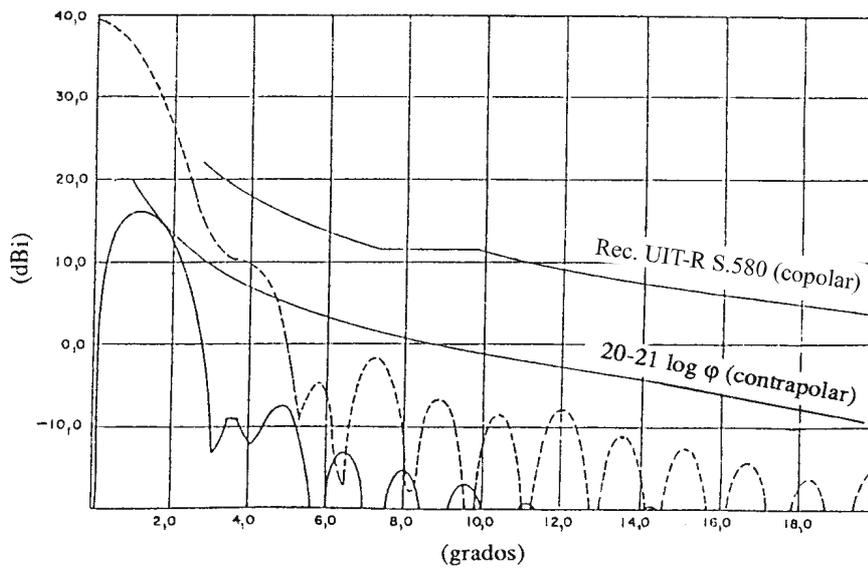
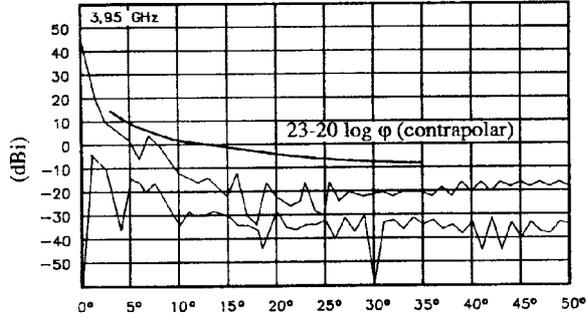
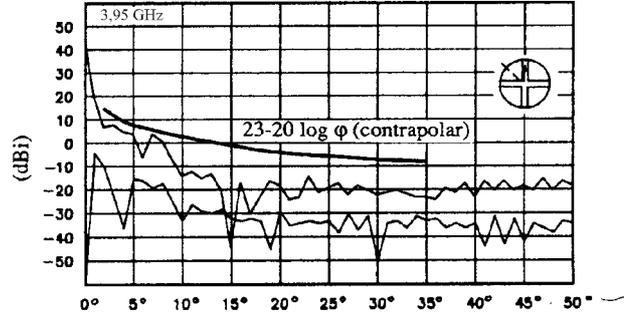


FIGURA 3

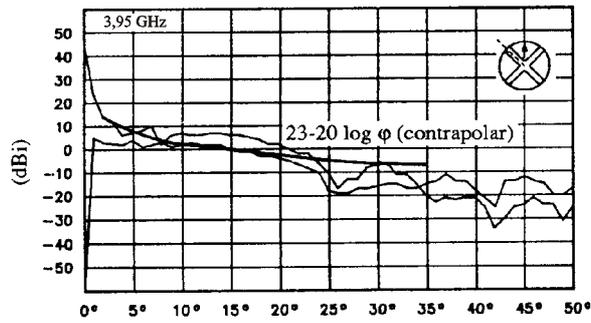
Análisis teórico de los efectos estructurales  
 en una antena de reflector doble axisimétrica de 6 m polarizada linealmente,  
 a 3,95 GHz (a-c) y 6,175 GHz (d-e))



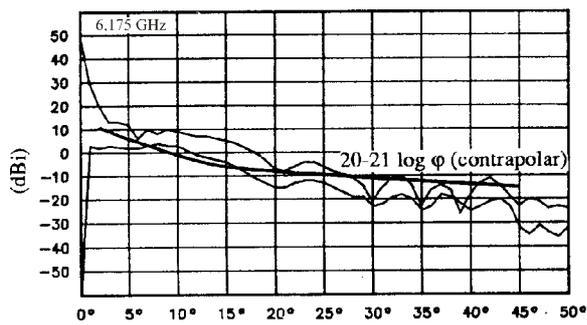
a) Diagramas copolar y contrapolar  
 en un plano a 45°, sin estructuras



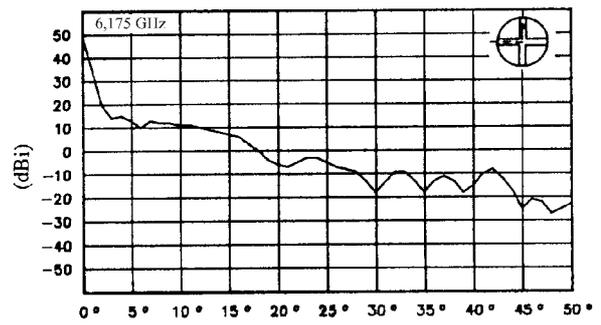
b) Igual que a), incluyendo estructuras  
 en los planos vertical y horizontal



c) Igual que a), incluyendo estructuras en los planos  
 a 45° y 135°



d) Igual que en c), en la banda de transmisión



e) Diagramas copolar y contrapolar en el plano horizontal  
 incluyendo estructuras en los planos vertical y horizontal  
 en la banda de transmisión

Para efectuar una estimación de la discriminación de polarizaciones (factor de polarización) más desfavorable, se han obtenido las envolventes relativas copolares  $G_{//}(\varphi)$  y contrapolares  $G_{+}(\varphi)$ .

a) La envolvente relativa copolar utilizada en este Anexo toma los siguientes valores:

Para sistemas con  $D/\lambda \leq 100$ :

$$\begin{aligned} G_{//}(\varphi) &= 52 - 10 \log(D/\lambda) - 25 \log \varphi - G_0 && \text{dBi} && \text{para } (100 \lambda/D)^\circ \leq \varphi \leq 48^\circ \\ &= 10 - 10 \log(D/\lambda) - G_0 && \text{dBi} && \text{para } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ \end{aligned}$$

Para sistemas con  $D/\lambda > 100$ :

$$\begin{aligned} G_{//}(\varphi) &= 32 - 25 \log \varphi - G_0 && \text{dBi} && \text{para } 1^\circ \leq \varphi \leq 48^\circ \\ &= -10 - G_0 && \text{dBi} && \text{para } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ \end{aligned}$$

b) El nivel de contrapolarización es tal que  $G_{+}(\varphi) = G_{//}(\varphi_1')$  (con  $\varphi_1' = 2,2 \varphi_1$  para antenas pequeñas, y  $\varphi_1' = 1,8 \varphi_1$  para antenas grandes) para  $0^\circ < \varphi < \varphi_1$ .

Finalmente, las envolventes relativas contrapolares podrían tener las envolventes siguientes:

### 1 Antenas pequeñas ( $D < 100\lambda$ )

$G_0$  : máxima ganancia copolar de la antena (dBi)

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log(D/\lambda) - 25 \log \varphi - G_0 \text{ (dBi)}$$

$$\varphi_1 = 100 \lambda/D \text{ (grados)}$$

$$\varphi_1' = 2,2 \varphi_1 \text{ (grados)}$$

$$\varphi_2 = 25,1^\circ$$

$$\varphi_{ISO} = 10^{\frac{52 - 10 \log(D/\lambda)}{25}} \text{ (grados)}$$

para  $0 < \varphi \leq \varphi_1$ :

$$G_{+}(\varphi) = G(\varphi_1') \tag{1}$$

para  $\varphi_1 < \varphi \leq \varphi_2$ :

$$G_{+}(\varphi) = G(\varphi) - (G(\varphi_1) - G(\varphi_1')) \frac{\varphi_{ISO} - \varphi}{\varphi_{ISO} - \varphi_1} \tag{2}$$

si  $\varphi > \varphi_{ISO}$ :

$$G_{+}(\varphi) = 52 - 10 \log(D/\lambda) - 25 \log \varphi - G_0 \tag{3}$$

para  $\varphi_2 < \varphi \leq 180^\circ$ :

$$G_{+}(\varphi) = 10 - 10 \log(D/\lambda) - G_0 \tag{4}$$

Los diagramas indicados en las Figs. 4 y 6 se calculan para estaciones con antenas de 1,20 y 1,80 m de diámetro que funcionan con una frecuencia central de 12,625 GHz. Los diagramas medidos para estos tipos de antenas se indican en las Figs. 5, 7 y 8. En cada caso se da un ejemplo del diagrama copolar y contrapolar medido, pero las envolventes mostradas son promedios de mediciones realizadas en varias antenas del mismo tipo.

FIGURA 4

Antena de 1,2 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagramas relativos medidos de radiación copolar y contrapolar

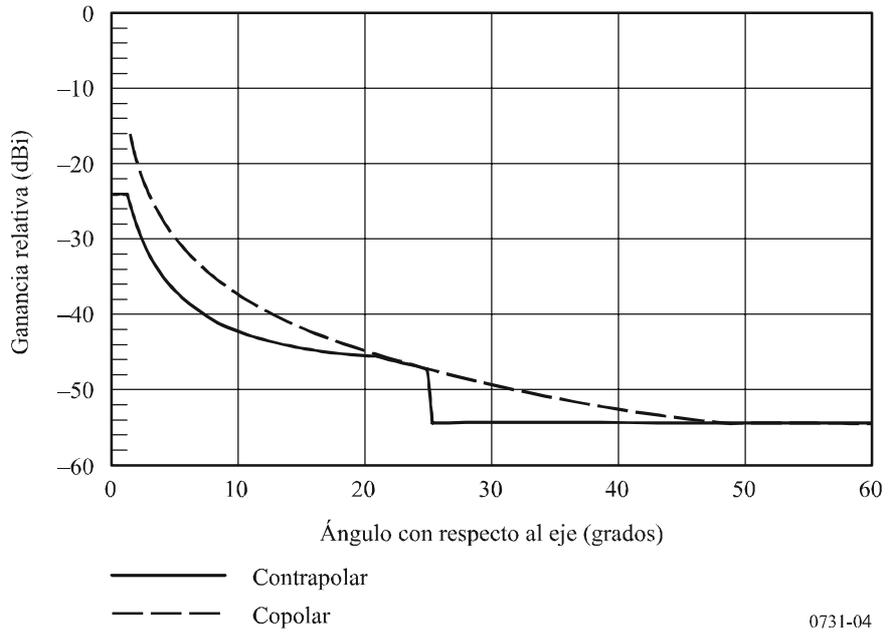


FIGURA 5

Antena de 1,2 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagramas relativos medidos de radiación copolar y contrapolar

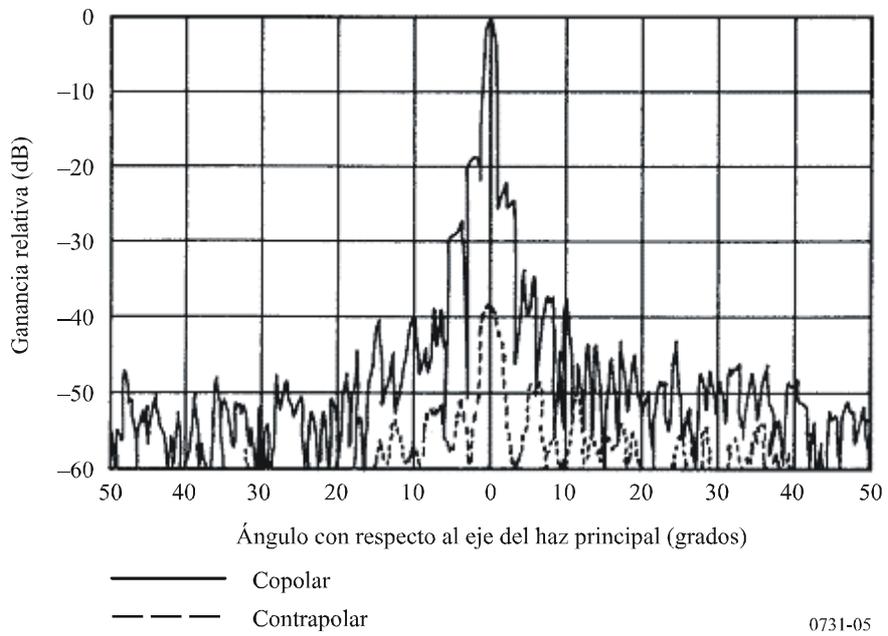


FIGURA 6

Antena de 1,8 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagramas relativos calculados de radiación copolar y contrapolar

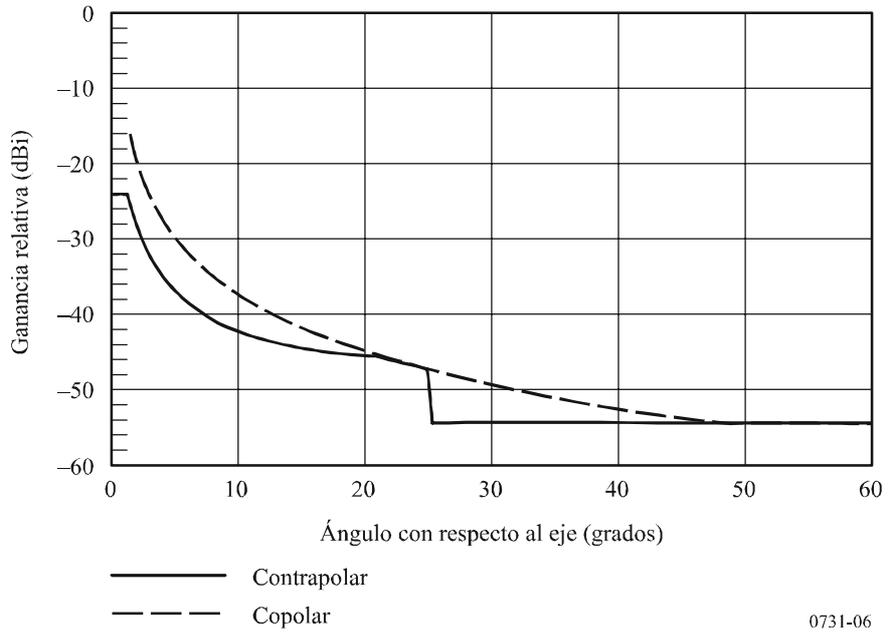


FIGURA 7

Antena de 1,8 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagrama relativo medido de radiación copolar

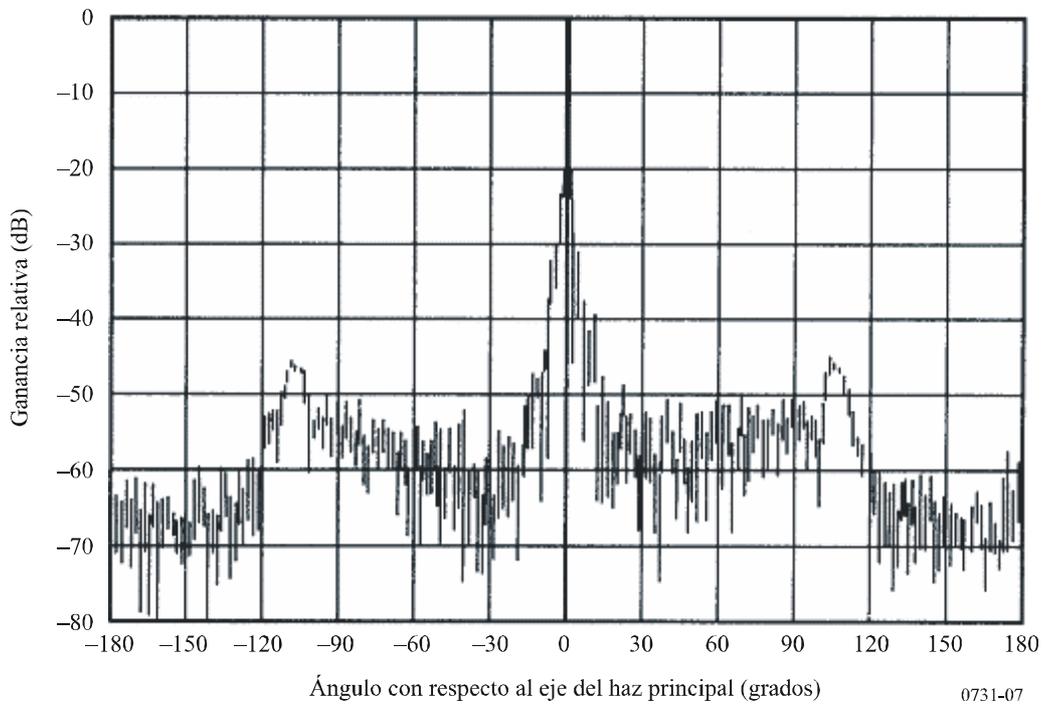
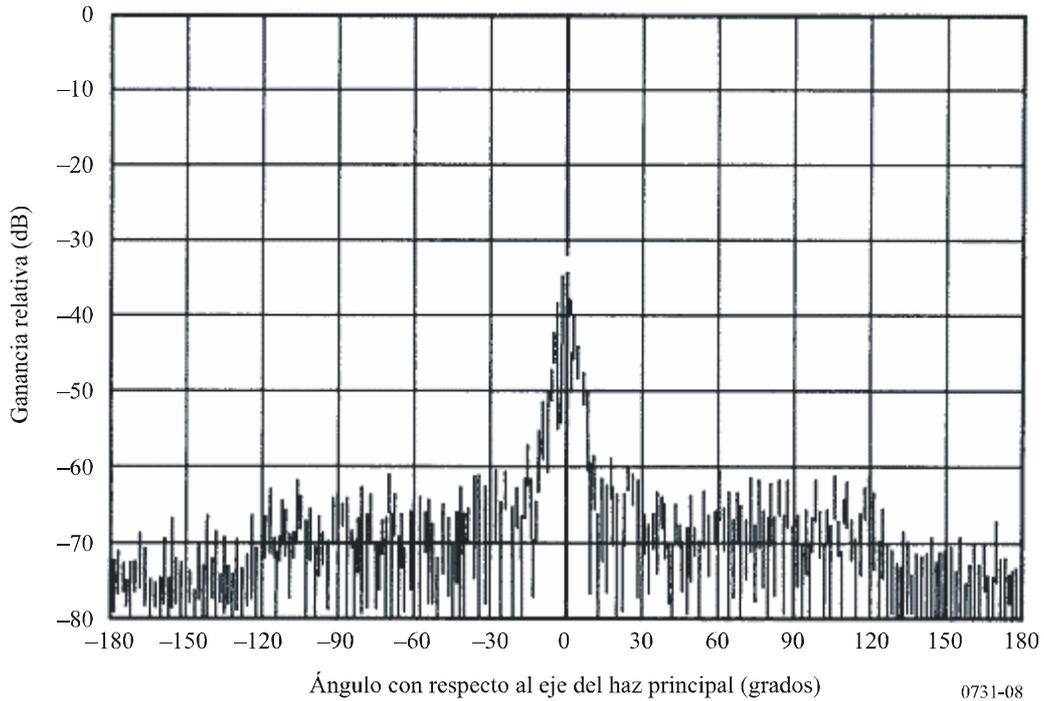


FIGURA 8

Antena de 1,8 m de diámetro,  $f = 12,625$  GHz, diagrama relativo medido de radiación contrapolar



## 2 Antenas grandes ( $D \geq 100\lambda$ )

$G_0$ : máxima ganancia copolar de la antena (dBi)

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi - G_0 \text{ (dBi)}$$

$$\varphi_1 = 1^\circ$$

$$\varphi'_1 = 1,8 \varphi_1 \text{ (grados)}$$

$$\varphi_2 = 20^\circ$$

$$\varphi_3 = 33,1^\circ$$

$$\varphi_{ISO} = 10^{\frac{29}{25}} \cong 14,45^\circ$$

para  $0 < \varphi \leq \varphi_1$ :

$$G_+(\varphi) = G(\varphi'_1) \quad (5)$$

para  $\varphi_1 < \varphi \leq \varphi_2$ :

$$G_+(\varphi) = G(\varphi) - (G(\varphi_1) - G(\varphi'_1)) \frac{\varphi_{ISO} - \varphi}{\varphi_{ISO} - \varphi_1} \quad (6)$$

para  $\varphi_2 < \varphi \leq \varphi_3$ :

$$G_+(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi - G_0 \quad (7)$$

para  $\varphi_3 < \varphi \leq 180^\circ$ :

$$G_+(\varphi) = -10 - G_0 \quad (8)$$

Los diagramas indicados en las Figuras siguientes se calculan para estaciones con los siguientes diámetros de antena y frecuencias: 2,40 m y 3,50 m a 12,625 GHz y 3,70 m a 10,70 GHz. Los diagramas medidos para estos tipos de antenas se indican en las Figs. 10, 11, 13, 14, 16 y 17. En cada caso se da un ejemplo de las mediciones copolar y contrapolar, pero las envolventes indicadas se obtuvieron a partir del promedio de varias antenas del mismo tipo.

Las funciones indicadas para  $D < 100\lambda$  y  $D \geq 100\lambda$  pueden expresarse en términos de ganancia absoluta. Las funciones para  $D < 100\lambda$  pueden normalizarse respecto a una función copolar de tipo  $(32 - 25 \log \varphi)$ , haciendo  $(52 - 10 \log \varphi) = 32$ . La evaluación de estas funciones en forma de ganancia absoluta para diversos valores de  $D/\lambda$  es la siguiente:

$$G_x(\varphi) = 22,70 + 0,29 \varphi - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } D/\lambda = 25 \quad (9)$$

$$= 22,69 + 0,37 \varphi - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } D/\lambda = 50 \quad (10)$$

$$= 22,87 + 0,42 \varphi - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } D/\lambda = 75 \quad (11)$$

$$= 22,15 + 0,47 \varphi - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } D/\lambda = 100 \quad (12)$$

Los ángulos para los que estas funciones de ganancia son iguales a una ganancia de envolvente copolar de  $(32 - 25 \log \varphi)$  son  $31,7^\circ$ ,  $25,2^\circ$ ,  $21,4^\circ$  y  $20,8^\circ$ , respectivamente. Otras funciones desarrolladas son:

$$G_x(\varphi) = 20 - 21 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad (13)$$

$$G_x(\varphi) = 23,6 - 20 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad (14)$$

$$G_x(\varphi) = 22 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad (15)$$

La ecuación (15) se basa en el requisito de que la ganancia contrapolar sea 10 dB inferior a la ganancia copolar fuera de  $7^\circ$ .

Estas funciones se representan en la Fig. 18. De dicha Figura se obtiene una función única que cubre adecuadamente todas las funciones anteriores:

$$\begin{aligned} G_\lambda(\varphi) &= 23 - 20 \log \varphi & \text{dBi} & \quad \text{para } \varphi_r \leq \varphi \leq 7^\circ \\ &= 20,2 - 16,7 \log \varphi & \text{dBi} & \quad \text{para } 7^\circ < \varphi \leq 26,3^\circ \\ &= 32 - 25 \log \varphi & \text{dBi} & \quad \text{para } 26,3^\circ < \varphi \leq 48^\circ \\ &= -10 & \text{dBi} & \quad \text{para } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ \end{aligned}$$

$\varphi_r$  es igual a  $1^\circ$  ó  $100 \lambda/D$ , tomando entre ambos el mayor de los dos valores.

FIGURA 9

Antena de 2,4 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagramas relativos calculados de radiación copolar y contrapolar

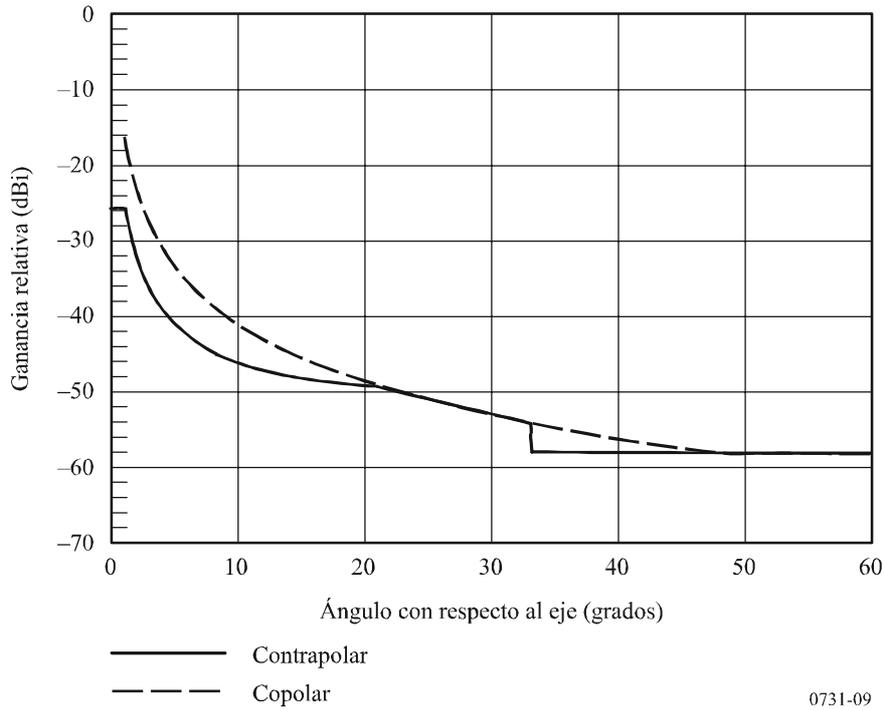


FIGURA 10

Antena de 2,4 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagrama relativo medido de radiación copolar

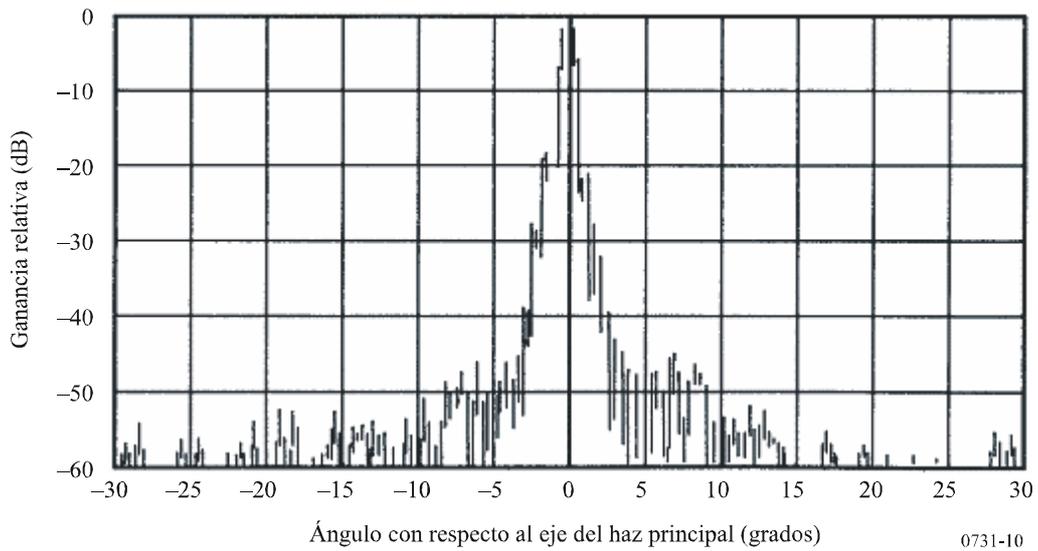


FIGURA 11

Antena de 2,4 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagrama relativo medido de radiación contrapolar

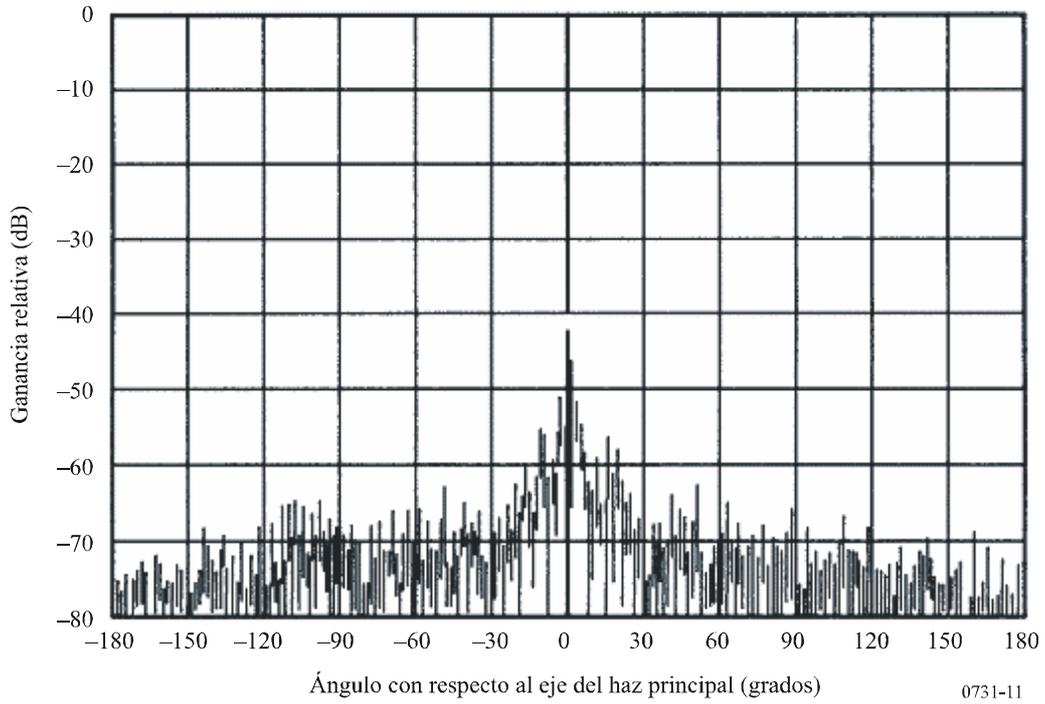


FIGURA 12

Antena de 3,5 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagramas relativos calculados de radiación copolar y contrapolar

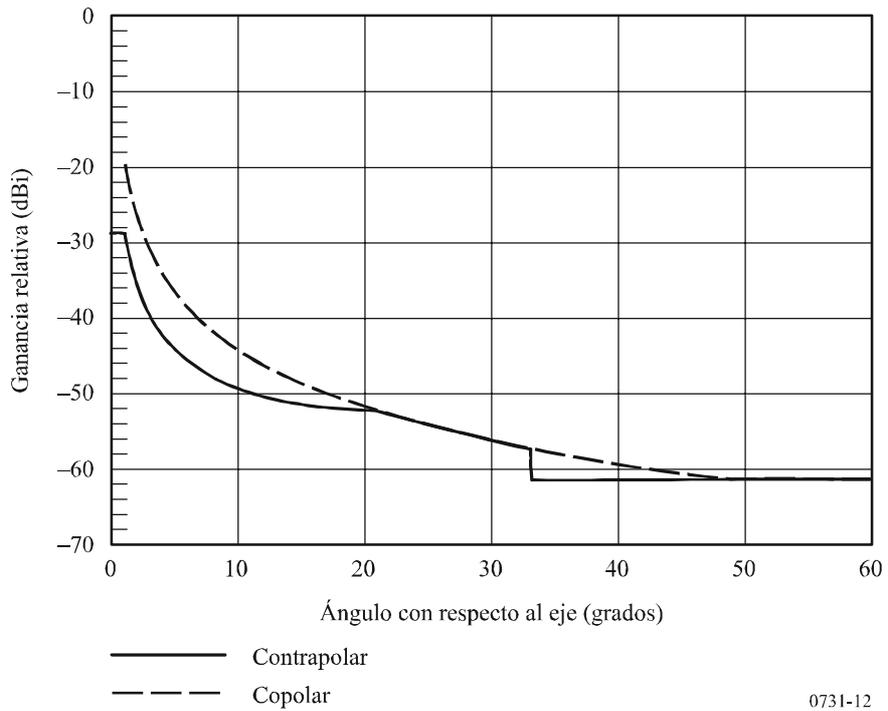


FIGURA 13

Antena de 3,5 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagrama  
relativo medido de radiación copolar

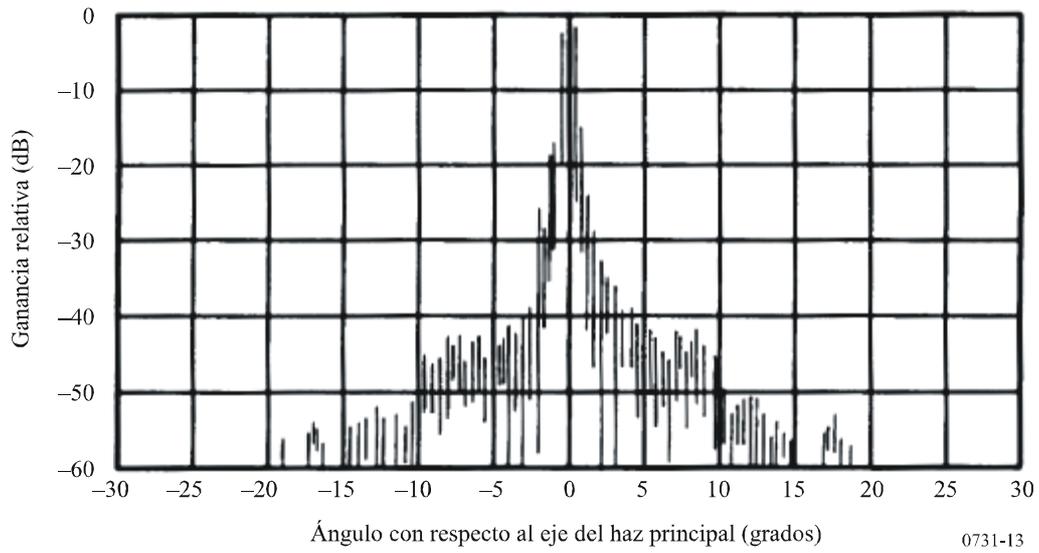


FIGURA 14

Antena de 3,5 m de diámetro,  $f= 12,625$  GHz, diagrama  
relativo medido de radiación contrapolar

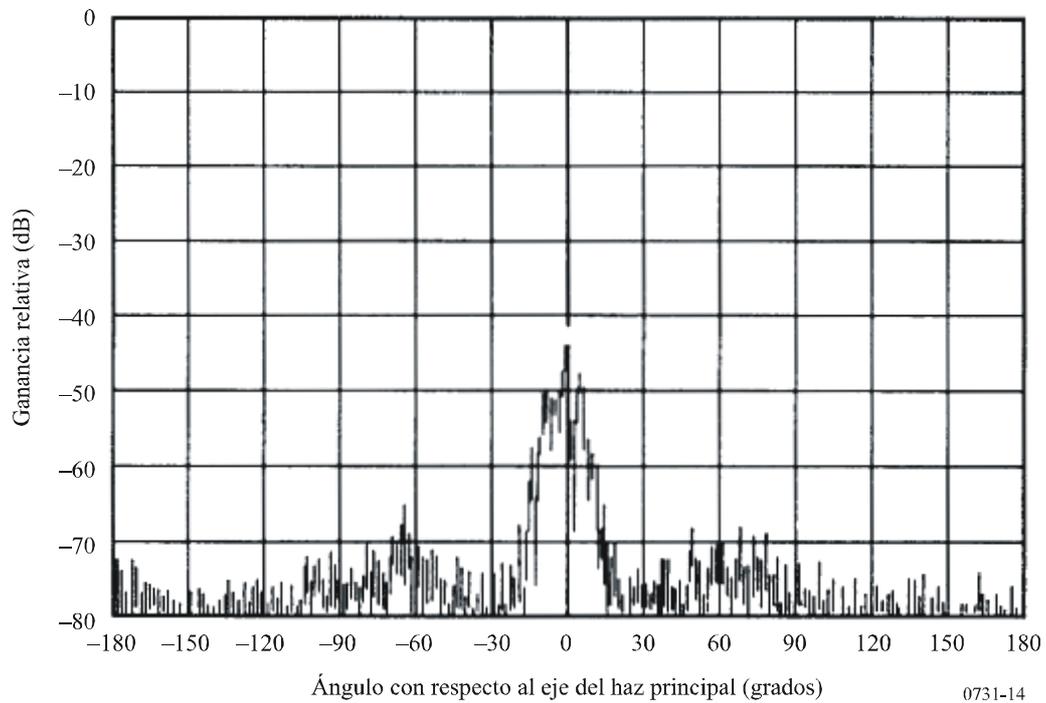
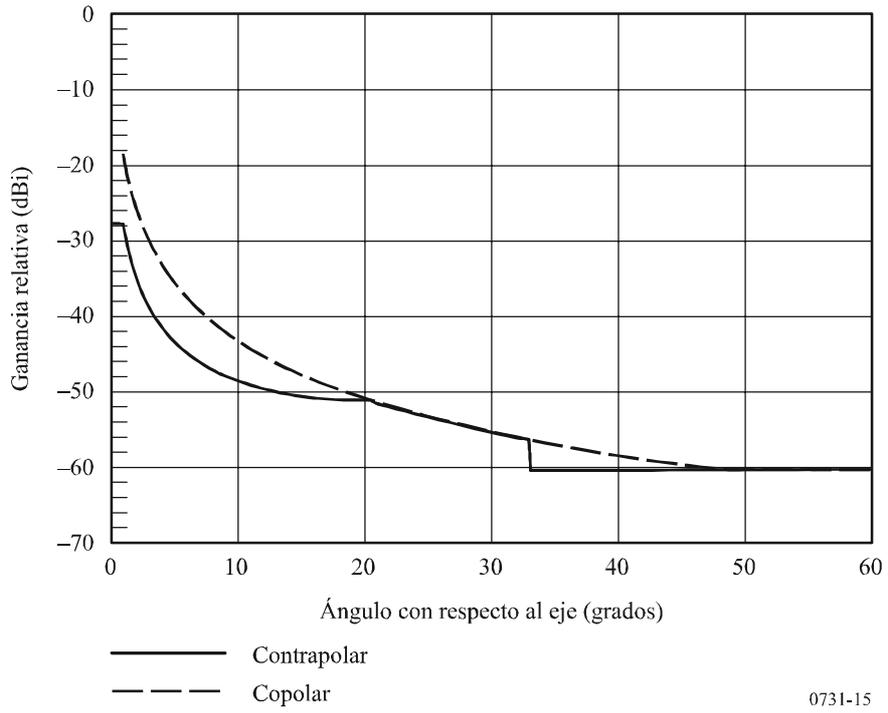


FIGURA 15

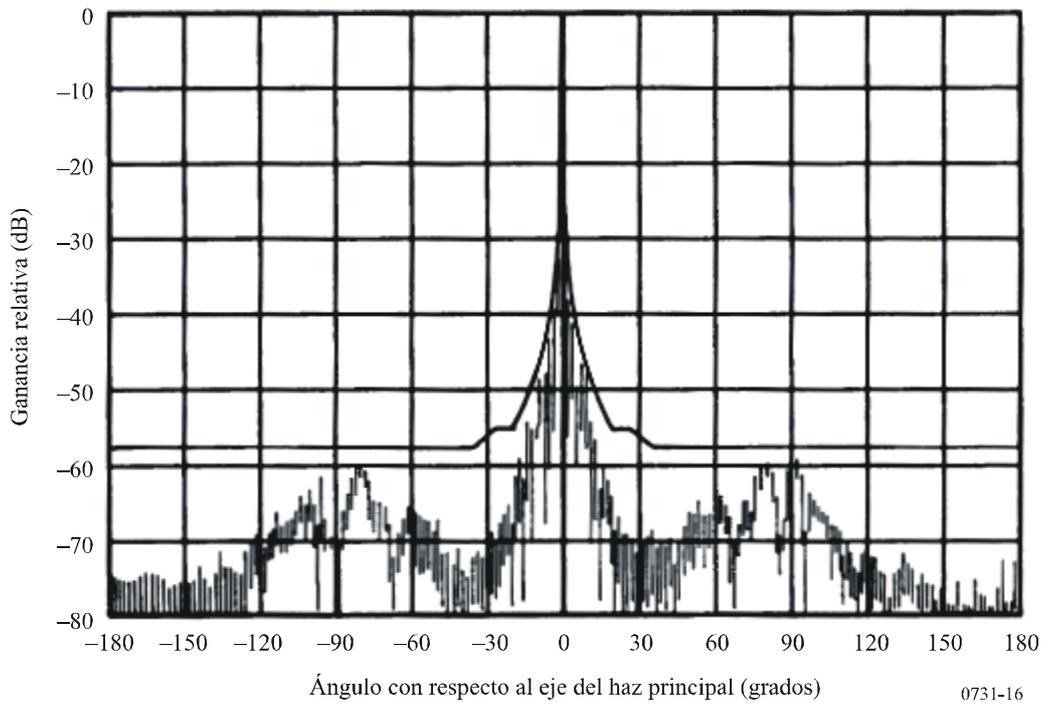
Antena de 3,7 m de diámetro,  $f= 10,7$  GHz, diagramas relativos calculados de radiación copolar y contrapolar



0731-15

FIGURA 16

Antena de 3,7 m de diámetro,  $f= 10,7$  GHz, diagrama relativo medido de radiación copolar



0731-16

FIGURA 17

Antena de 3,7 m de diámetro,  $f= 10,7$  GHz, diagrama  
relativo medido de radiación contrapolar

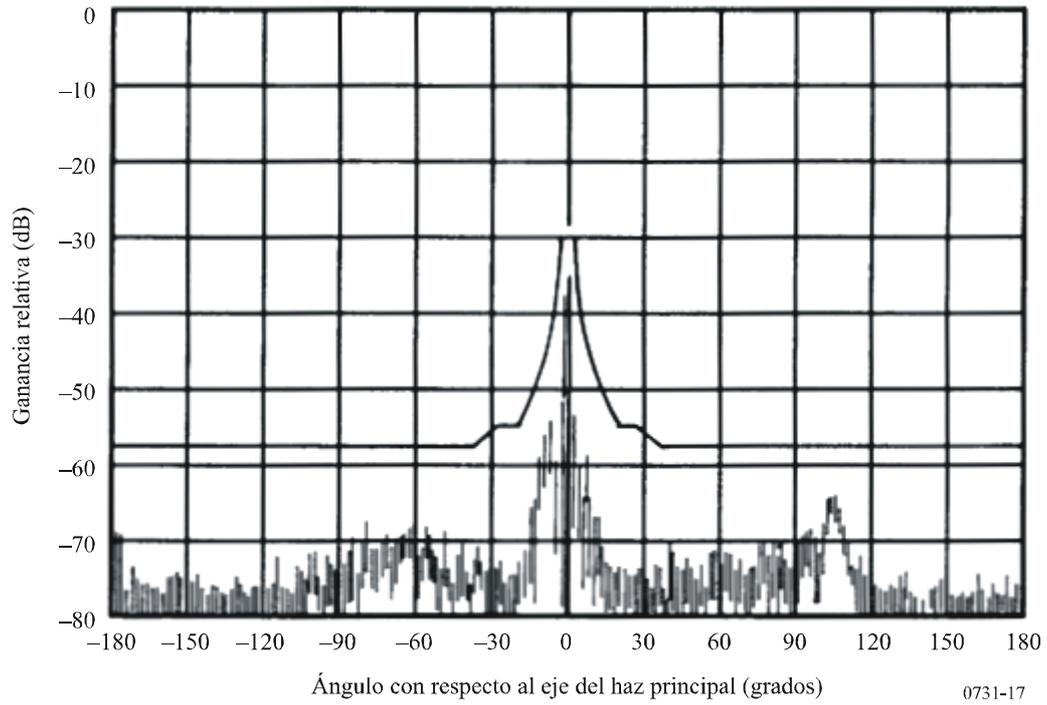
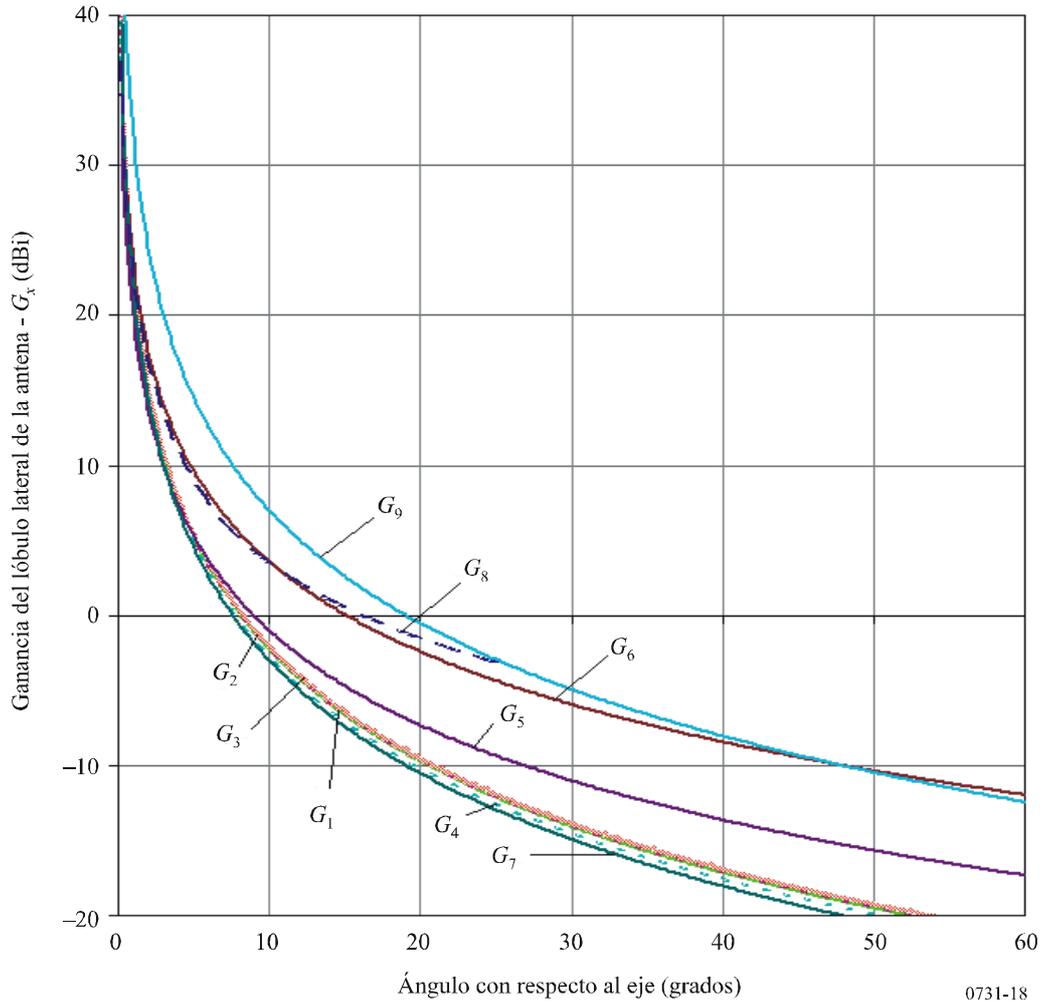


FIGURA 18

Diagrama de ganancia absoluta contrapolar del lóbulo lateral de la antena



$G_1(\varphi) = 22,70 + 0,29\varphi - 25 \log \varphi$	para $D/\lambda = 25$
$G_2(\varphi) = 22,69 + 0,37\varphi - 25 \log \varphi$	para $D/\lambda = 50$
$G_3(\varphi) = 22,87 + 0,42\varphi - 25 \log \varphi$	para $D/\lambda = 75$
$G_4(\varphi) = 22,15 + 0,47\varphi - 25 \log \varphi$	para $D/\lambda = 100$
$G_5(\varphi) = 20,0 - 21 \log \varphi$	
$G_6(\varphi) = 23,6 - 20 \log \varphi$	
$G_7(\varphi) = 22,0 - 25 \log \varphi$	
$G_8(\varphi) = 23,0 - 20 \log \varphi$	para $\varphi_r \leq \varphi \leq 7^\circ$
$\quad = 20,2 - 16,7 \log \varphi$	para $7^\circ < \varphi \leq 26,3^\circ$
$\quad = 32,0 - 25 \log \varphi$	para $26,3^\circ < \varphi \leq 48^\circ$
$G_9(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi$	