

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BO.1443-3 (12/2013)

**Diagramas de antena de referencia
de estación terrena del servicio de
radiodifusión por satélite para utilizar en
la evaluación de la interferencia entre
satélites no geoestacionarios en
las bandas de frecuencias incluidas
en el Apéndice 30 del RR**

**Serie BO
Distribución por satélite**

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2015

© UIT 2015

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.1443-3

Diagramas de antena de referencia de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite para utilizar en la evaluación de la interferencia entre satélites no geoestacionarios en las bandas de frecuencias incluidas en el Apéndice 30 del RR*

(Cuestión UIT-R 280/4)

(2000-2002-2006-2013)

Cometido

La finalidad de esta Recomendación es describir los diagramas de radiación de antena de estación terrena de referencia tridimensionales para el servicio de radiodifusión por satélite (SRS) que se pueden utilizar a fin de calcular la interferencia causada por los satélites del SFS no OSG a las antenas de estación terrena del SRS.

Palabras clave

Diagrama de ganancia, OSG, SRS.

Abreviaturas y glosario

El diagrama de ganancia se define como:

$$\text{Ganancia} = G(\varphi, \theta)$$

donde:

φ : ángulo de la antena respecto al eje de puntería (grados)

θ : ángulo plano de la antena (grados) (el 0° de acimut es el plano horizontal).

Recomendaciones e Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R S.672-4	Diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geoestacionarios
Recomendación UIT-R S.1428-1	Diagramas de radiación de referencia de estación terrena del SFS para su utilización en la evaluación de interferencias relativas a satélites no OSG en las bandas de frecuencias entre 10,7 GHz y 30 GHz
Recomendación UIT-R S.1503-1	Descripción funcional que ha de utilizarse en el desarrollo de herramientas para determinar la conformidad de redes de satélites no geoestacionarios del servicio fijo por satélite con los límites contenidos en el Artículo 22 del Reglamento de Radiocomunicaciones

* La base de los diagramas contenidos en esta Recomendación, incluida la metodología para analizar y representar gráficamente los datos que miden la precisión de la concordancia entre el conjunto de datos y el diagrama recomendado, figura en el Informe UIT-R BO.2029 – Mediciones de diagramas de antenas de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite y análisis conexos. Este Informe junto con el conjunto de datos en bruto y las hojas de cálculo utilizados para llevar a cabo el análisis gráfico aparecen en un CD-ROM disponible en la UIT.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en relación con las antenas de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) se utilizaron los diagramas de radiación de antena de referencia para antenas receptoras del SRS OSG del Anexo 5 al Apéndice 30 del RR a fin de desarrollar los Planes del SRS y prescribir un diagrama de radiación de referencia que representase una envolvente de los lóbulos laterales;
- b) que dichos diagramas de radiación de referencia son necesarios para los cálculos de la interferencia entre receptores fijos o portátiles del SRS y los satélites OSG, a fin de asegurar una protección adecuada de los Planes del SRS;
- c) que en las circunstancias en las que hay múltiples fuentes interferentes cuyas posiciones varían sustancialmente en el tiempo, el nivel de la interferencia recibida depende inevitablemente de las crestas y los valles del diagrama de ganancia de la antena de la estación terrena del SRS que sufre la interferencia;
- d) que en el caso de las estaciones terrenas del SRS, se necesitan diagramas de radiación de referencia adecuados para utilizar en la evaluación de la interferencia procedente de los sistemas del SFS no OSG;
- e) que para facilitar las simulaciones por computador de la interferencia, los diagramas de referencia deben abarcar ángulos respecto al eje comprendidos entre 0° y $\pm 180^\circ$ en todos los planos;
- f) que los diagramas de referencia deben ser coherentes con los resultados de las mediciones en una amplia gama de antenas de estación terrena del SRS de consumo;
- g) que conviene establecer distintos diagramas de referencia para las diferentes gamas de tamaños de antena;
- h) que los diagramas deben tener características que pueden ser importantes al establecer modelos de la interferencia no OSG, por ejemplo, en el caso de pequeñas antenas con alimentación descentrada,

recomienda

- 1 que para los cálculos de la interferencia causada por los satélites del SFS no OSG en las antenas de estación terrena del SRS, se utilicen los diagramas de radiación de antena de estación terrena de referencia descritos en el Anexo 1;
- 2 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 2 para convertir los ángulos de acimut y de elevación relativos del satélite no OSG que se investiga al mismo sistema de coordenadas que el utilizado para el diagrama de antena tridimensional;
- 3 que se consideren parte integrante de la presente Recomendación las siguientes Notas:

NOTA 1 – El diagrama de radiación de polarización cruzada puede tener importancia en los cálculos de la interferencia no OSG. Este tema requiere nuevos estudios.

NOTA 2 – Esta Recomendación se basa en mediciones y análisis de antenas de paraboloide. Si se desarrollan o se considera la utilización en el SRS de nuevas antenas de estación terrena, los diagramas de antena de referencia de esta Recomendación deben actualizarse en consecuencia.

Anexo 1

Diagramas de radiación de antena de referencia del SRS

Para $11 \leq D/\lambda \leq 25,5$

$$G(\varphi) = G_{\text{máx}} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D\varphi}{\lambda} \right)^2 \quad \text{para } 0 \leq \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para } \varphi_m \leq \varphi < 95\lambda/D$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log(\varphi) \quad \text{para } 95\lambda/D \leq \varphi < 36,3^\circ$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{para } 36,3^\circ \leq \varphi < 50^\circ$$

Para $56,25^\circ \leq \theta < 123,75^\circ$

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1 \quad \text{para } 50^\circ \leq \varphi < 90^\circ$$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2 \quad \text{para } 90^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

siendo:

$$M_1 = \frac{2 + 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)} \quad \text{y} \quad b_1 = M_1 \cdot \log(50) + 10$$

siendo:

$$M_2 = \frac{-9 - 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)} \quad \text{y} \quad b_2 = M_2 \cdot \log(180) + 17$$

Para $0^\circ \leq \theta < 56,25^\circ$ y $123,75^\circ \leq \theta < 180^\circ$

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3 \quad \text{para } 50^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4 \quad \text{para } 120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

siendo:

$$M_3 = \frac{2 + 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{y} \quad b_3 = M_3 \cdot \log(50) + 10$$

siendo:

$$M_4 = \frac{-9 - 8 \cdot \text{sen}(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{y} \quad b_4 = M_4 \cdot \log(180) + 17$$

Para $180^\circ \leq \theta < 360^\circ$

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5 \quad \text{para } 50^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6 \quad \text{para } 120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

siendo:

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{y} \quad b_5 = M_5 \cdot \log(50) + 10$$

siendo:

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{y} \quad b_6 = M_6 \cdot \log(180) + 17$$

siendo:

D : diámetro de la antena

λ : longitud de onda expresada en la misma unidad que el diámetro

G : ganancia

φ : ángulo de la antena respecto al eje de puntería (grados)

θ : ángulo plano de la antena (grados) (el 0° de acimut es el plano horizontal).

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log\left(95 \frac{\lambda}{D}\right) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D} \sqrt{\frac{G_{m\acute{a}x} - G_1}{0,0025}} \quad \text{grados}$$

Para $25,5 < D/\lambda \leq 100$

$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	para	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		para	$\varphi_m \leq \varphi < (95\lambda/D)$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	para	$(95\lambda/D) \leq \varphi < 33,1^\circ$
$G(\varphi) = -9$	dBi	para	$33,1^\circ < \varphi \leq 80^\circ$
$G(\varphi) = -4$	dBi	para	$80^\circ < \varphi \leq 120^\circ$
$G(\varphi) = -9$	dBi	para	$120^\circ < \varphi \leq 180^\circ$

siendo:

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log (D/\lambda) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log (95\lambda/D) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{m\acute{a}x} - G_1}{0,0025}}$$

Para $D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	para	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		para	$\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	para	$\varphi_r \leq \varphi < 10^\circ$

$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	para $10^\circ \leq \varphi < 34,1^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para $34,1^\circ \leq \varphi < 80^\circ$
$G(\varphi) = -7$	dBi	para $80^\circ \leq \varphi < 120^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	para $120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$

siendo:

$$G_{m\acute{a}x} = 20 \log (D/\lambda) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{m\acute{a}x} - G_1}{0,0025}}$$

$$\varphi_r = 15,85 (D/\lambda)^{-0,6} \quad \text{grados}$$

Anexo 2

Conversiones geométricas para utilizar con el modelo de antena tridimensional

Definición de θ

θ se define como el ángulo con relación al plano del satélite no OSG relativo al plano de grado cero del modelo de antena (correspondiente a un sistema normalizado con alimentación descentrada y montaje modular). Según se observa por la estación terrena, la línea $\theta = 0$ se encuentra a la derecha, y θ aumenta en sentido contrario a las agujas del reloj.

Método de cálculo

En la Fig. 1 se muestra un método geométrico para calcular el ángulo θ con respecto al plano. Todos los cálculos se indican utilizando grados, aunque normalmente éstos deben convertirse a radianes cuando se calculan valores trigonométricos.

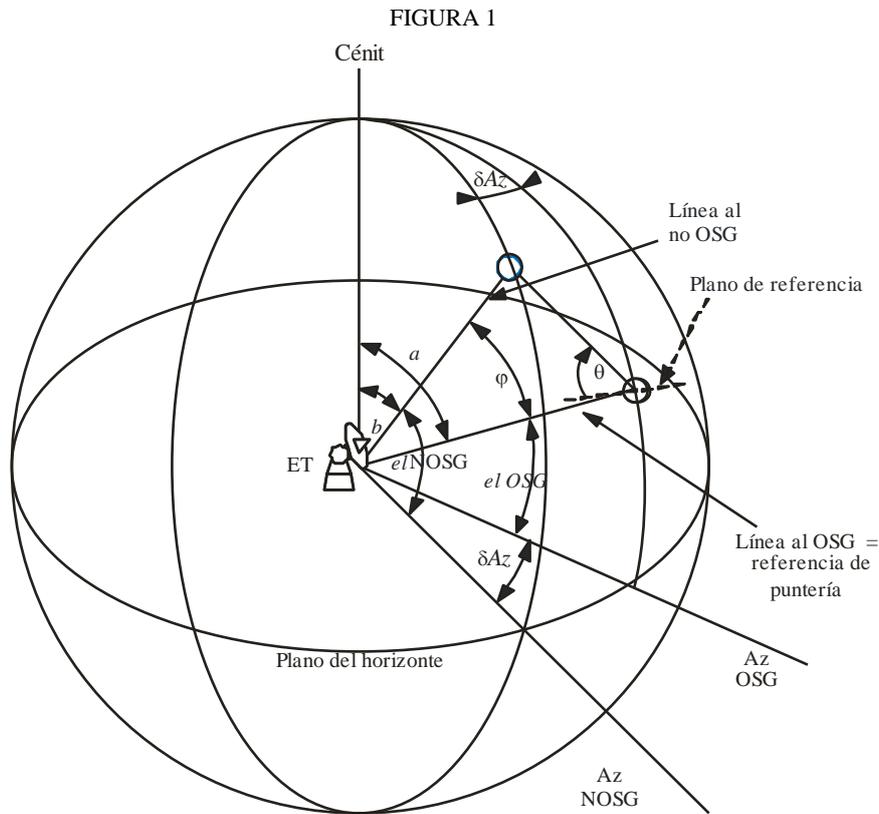
Insumos

Satélite OSG (az, el)

Satélite no OSG (az, el)

NOTA 1 – Lo que se necesita es la diferencia en acimut, de modo que si se dispone de ésta no se necesitarán los acimutes reales.

En la siguiente sección se muestra cómo calcular estos parámetros a partir de los vectores de cada estación.



A partir de la Figura 1:

$$a = 90 - el_{OSG}$$

$$b = 90 - el_{NOSG}$$

$$\delta Az = Az_{NOSG} - Az_{OSG}$$

δAz debería fijarse de modo que esté en la gama $\{-180 \text{ a } +180\}$

Entonces el ángulo φ con respecto al eje (ángulo de separación topocéntrica entre los satélites) puede calcularse utilizando la fórmula de geometría esférica:

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \text{sen}(a)\text{sen}(b)\cos(C)$$

siendo $C = \delta Az$ y $c = \varphi$.

La misma fórmula puede utilizarse para definir un ángulo B :

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\text{sen}(c)\text{sen}(a)}$$

a partir del cual puede calcularse el ángulo θ con respecto al plano:

$$\text{si } (\delta Az > 0 \text{ y } B < 90) \quad \theta = 90 - B$$

$$\text{si } (\delta Az > 0 \text{ y } B > 90) \quad \theta = 450 - B$$

$$\text{si } (\delta Az < 0) \quad \theta = 90 + B$$

En caso de que ambos satélites tengan el mismo acimut y por lo tanto $\delta Az = 0$, entonces

$$\varphi = |el_{OSG} - el_{NOSG}|$$

si $el_{OSG} > el_{NOSG}$ $\theta = 270$

o bien $\theta = 90$

Datos de ejemplo

Para las siguientes posiciones:

Estación	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Altura (km)
Estación terrena (ET)	10	20	0
sat OSG	0	30	35 786,055
sat no OSG	0	-5	1 469,200

Entonces pueden calcularse los siguientes az/els para la ET (con respecto al horizonte de la ET y el sentido Norte):

Estación	Acimut (grados)	Elevación (grados)
sat OSG	134,5615	73,4200
sat no OSG	-110,4248	10,0300

Por consiguiente, los ángulos con respecto al eje y con respecto al plano son:

Estación	φ (con respecto al eje) (grados)	θ (con respecto al plano) (grados)
sat no OSG	87,2425	26,69746

Cálculo del acimut y la elevación

Puede utilizarse lo siguiente para calcular el acimut y la elevación a partir de los vectores de que se trata.

Siendo:

Vector de posición de la ET: r_G

Vector de posición del satélite OSG: r_S

Vector de posición del satélite no OSG: r_N

Entonces se crea:

Vector de ET al OSG $r_{GS} = r_S - r_G$

Vector de ET al no OSG $r_{GN} = r_N - r_G$

Un vector unitario del vector de posición de ET \hat{r}_G

Entonces los ángulos de elevación son:

$$el_S = 90 - \angle(\underline{r}_{GS}, \underline{r}_G)$$

$$el_N = 90 - \angle(\underline{r}_{GN}, \underline{r}_G)$$

Para calcular la diferencia en acimut, conviértanse los vectores de ET a OSG/no OSG para que se encuentren en el plano horizontal que se halla perpendicular al vector del zenith, es decir:

$$\underline{r}'_{GS} = \underline{r}_{GS} - (\hat{r}_G \cdot \underline{r}_{GS}) \hat{r}_G$$

$$\underline{r}'_{GN} = \underline{r}_{GN} - (\hat{r}_G \cdot \underline{r}_{GN}) \hat{r}_G$$

Entonces:

$$\delta Az = \angle(\underline{r}'_{GS}, \underline{r}'_{GN})$$

El signo de δAz será igual al signo de la diferencia en longitud de los dos satélites.
