

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.1835

Compartición entre redes del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) que utilizan la atribución de la banda 17,3-17,8 GHz al SRS en la Región 2 y enlaces de conexión de redes del SRS que utilizan la atribución mundial de la banda 17,3-17,8 GHz al servicio fijo por satélite (SFS) (Tierra-espacio)

(2007)

Cometido

Esta Recomendación aborda el diseño y la coordinación de las nuevas redes del SRS en la Región 2 que utilizarán la atribución de la banda 17,3-17,8 GHz a dicho servicio que entró en vigor el 1 de abril de 2007. El Anexo 1 a la Recomendación proporciona análisis paramétricos detallados de los dos casos en que puede ser necesaria la coordinación con redes del SRS que utilizan la atribución mundial de la banda 17,3-17,8 GHz al SFS (Tierra-espacio) para los enlaces de conexión. La idea de fondo de la Recomendación es que puede no ser necesaria la coordinación si los resultados de estos análisis se tienen en cuenta en el diseño de las redes del SRS en la Región 2 que van a utilizarse en esta nueva atribución al SRS.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en las tres Regiones de la UIT, la banda 17,3-17,8 GHz está sujeta a planes de enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) del Apéndice 30A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR);
- b) que la banda 17,3-17,8 GHz también está atribuida al SRS en la Región 2;
- c) que existe la posibilidad de que los satélites transmisores del SRS en la Región 2 causen interferencia a los satélites receptores de enlaces de conexión del SRS en las Regiones 1, 2 y 3 que funcionan con arreglo a lo dispuesto en el Apéndice 30A del RR;
- d) que el Anexo 4 al Apéndice 30A del RR proporciona los valores umbral para determinar cuándo se necesita la coordinación entre estaciones espaciales transmisoras del servicio de radiodifusión por satélite y una estación espacial receptora que figura en los Planes de enlace de conexión en la banda de frecuencias 17,3-17,8 GHz;
- e) que el criterio para determinar cuándo se necesita la coordinación es que la densidad de flujo de potencia procedente de un satélite transmisor del SRS en la Región 2 y recibida en una estación espacial receptora de un enlace de conexión del servicio de radiodifusión por satélite de otra administración cause un incremento en la temperatura de ruido de la estación espacial del enlace de conexión que rebese un valor umbral de $\Delta T/T$ correspondiente al 6%;
- f) que puede producirse interferencia inaceptable en el caso de que los satélites transmisores del SRS en la Región 2 y los satélites receptores de enlaces de conexión del SRS estén muy próximos o en el caso de interferencia causada por un satélite del SRS en la Región 2 a un satélite receptor del enlace de conexión del SRS situado a través del limbo de la Tierra,

reconociendo

1 que los estudios indicados en el Anexo 1 muestran que es posible una escasa separación entre satélites del SRS en la Región 2 y satélites receptores de enlaces de conexión del SRS sin rebasar el criterio indicado en el Anexo 4 al Apéndice 30A del RR;

2 que los estudios descritos en dicho Anexo 1 muestran que la interferencia a través del limbo de la Tierra se limita a unas pocas hipótesis geométricas que puede que no aparezcan en la práctica;

3 que los parámetros fundamentales para determinar la proximidad con la que pueden instalarse los satélites del SRS en la Región 2 y los satélites receptores de enlaces de conexión del SRS son las discriminaciones de ganancia fuera del eje de las antenas transmisora y receptora del satélite, los niveles de cresta de potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor del satélite y la temperatura del ruido del sistema de recepción del satélite,

recomienda

1 que al diseñar e instalar redes del SRS en la banda 17,3-17,8 GHz las administraciones de la Región 2 tengan en cuenta los análisis y resultados contenidos en el Anexo 1.

Anexo 1

Análisis paramétricos sobre la compartición entre las redes del SRS que utilizan la atribución de la banda 17,3-17,8 GHz al SRS en la Región 2 y los enlaces de conexión de redes del SRS que utilizan la atribución mundial de la banda 17,3-17,8 GHz al SFS (Tierra-espacio)

1 Introducción

La atribución en la Región 2 de la banda 17,3-17,8 GHz al servicio de radiodifusión por satélite (SRS) entró en vigor el 1 de abril de 2007. Esta banda del SRS está emparejada con la banda 24,75-25,25 GHz para los enlaces de conexión del SFS (Tierra-espacio). De conformidad con el Apéndice 30A del RR la banda 17,3-17,8 GHz está también atribuida en sentido Tierra-espacio a los enlaces de conexión con las redes del SRS en 12 GHz del Apéndice 30 en las tres Regiones. El término «banda inversa» se refiere normalmente a la situación en que una banda de frecuencias se utiliza para las transmisiones tanto Tierra-espacio como espacio-Tierra. Las redes del SRS que funcionan con arreglo a los Apéndices 30 y 30A se denominan redes «17/12 GHz» mientras que las que funcionan en la atribución de 17 GHz al SRS en la Región 2 se denominan redes «24/17 GHz».

Este funcionamiento en banda inversa en 17,3-17,8 GHz puede provocar dos trayectos de interferencias que se representan de forma esquemática en la Fig. 1:

- entre las estaciones espaciales transmisoras de las estaciones espaciales receptoras en la banda de 17 GHz (satélite a satélite), y
- entre las estaciones terrenas de enlace de conexión transmisoras y las estaciones terrenas receptoras en la banda de 17 GHz.

Este texto se refiere únicamente al caso satélite a satélite.

El trayecto de interferencia satélite a satélite aparecerá cuando las señales procedentes del satélite transmisor 24/17 GHz incidan en la antena receptora del satélite 17/12 GHz funcionando en la banda 17,3-17,8 GHz. El volumen de interferencia viene determinado por la separación física entre

los satélites, el nivel de p.i.r.e. del satélite transmisor 24/17 GHz del SRS, la ganancia fuera del eje de las antenas de satélite transmisora y receptora de 17 GHz dirigidas una hacia la otra y la temperatura de ruido del satélite de recepción.

El criterio para determinar si es necesaria la coordinación entre una estación espacial transmisora de una red 24/17 GHz y una estación espacial receptora de una red 17/12 GHz figura en el § 1 del Anexo 4 al Apéndice 30A del RR, y se define como un valor $\Delta T/T$ del 6%.

Existen dos casos para esta posible interferencia:

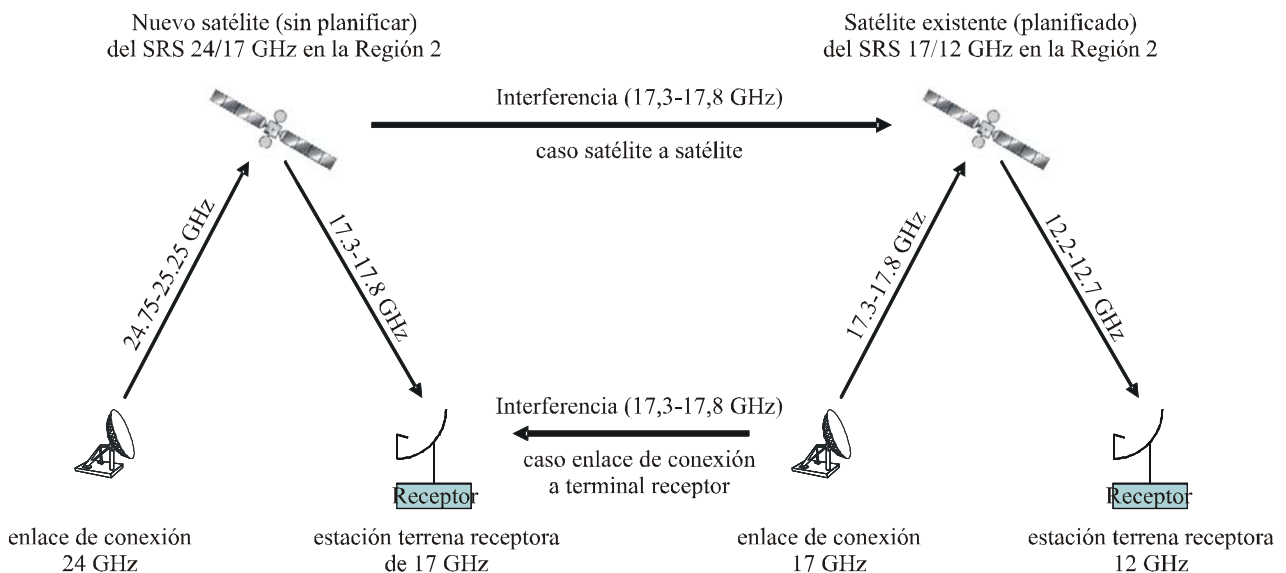
Caso 1: el caso de satélite adyacente, donde los satélites 17/12 GHz y 24/17 GHz están próximos entre sí a lo largo del arco orbital, y

Caso 2: el caso del limbo ecuatorial en el que los satélites 17/12 GHz y 24/17 GHz están separados unos 162,6° a lo largo del arco orbital; es decir, a través del limbo ecuatorial de la Tierra.

Los análisis de estos casos figuran a continuación en los § 2 y 3, respectivamente.

FIGURA 1

Funcionamiento en banda inversa y trayectos de interferencia para el SRS y los enlaces de conexión en la Región 2



1835-01

2 Caso del satélite adyacente

Este punto aborda el caso de satélites próximos entre sí. Se realizó un análisis paramétrico para determinar la separación orbital necesaria entre una estación espacial transmisora 24/17 GHz del SRS y una estación espacial receptora 17/12 GHz del SRS situadas muy próximas entre sí a lo largo del arco geostacionario. Los parámetros operacionales principales para determinar la separación necesaria a fin de satisfacer la condición de $\Delta T/T$ del 6% son la p.i.r.e. de transmisión del satélite 24/17 GHz, las discriminaciones fuera del eje de las antenas del satélite transmisora y receptora y la temperatura de ruido del receptor del satélite 17/12 GHz.

El ángulo con respecto al eje relativo al eje de puntería para las antenas transmisora y receptora es de aproximadamente 90 grados. Estos grandes ángulos con respecto al eje de puntería hacen que las ganancias de la antena fuera del eje sean notablemente inferiores al valor de cresta de la ganancia en

el eje de puntería. En los diagramas publicados sobre la ganancia de recepción hacia el arco OSG para las asignaciones y modificaciones en la Región 2 aparecen valores típicos comprendidos entre 0 y -5 dBi. Estos diagramas constituyen una envolvente de los diagramas de antena de recepción reales.

Las asignaciones de 17/12 GHz que puedan resultar afectadas son las actuales asignaciones al Plan de enlaces de conexión de la Región 2 cuyos parámetros técnicos se especifican en el Apéndice 30A del RR y sus consiguientes modificaciones. Para la antena receptora del satélite, en el análisis se han utilizado las características del Plan original de la Región 2; por ejemplo, la temperatura de ruido y la ganancia de la antena del satélite fuera del eje. El Plan de la Región 2 especifica una temperatura de ruido del receptor de $1\ 500^\circ$ Kelvin. Adicionalmente, el § 3.7.3 del Anexo 3 al Apéndice 30A del RR supone que, para ángulos con respecto al eje mayores a unos 20° la discriminación de la antena receptora del satélite fuera del eje es igual en magnitud, pero opuesta en signo, a la ganancia de cresta de la antena. Por consiguiente, en este análisis se ha supuesto una ganancia de recepción fuera del eje de 0 dBi hacia el satélite adyacente, aunque en realidad probablemente habrá más discriminación.

Teniendo en cuenta que la potencia de transmisión del satélite 24/17 GHz puede ser relativamente elevada debido a la utilización de haces puntuales para dar cobertura a pequeñas zonas geográficas, en el análisis paramétrico se consideraron valores de cresta de la p.i.r.e. de 55 dBW a 65 dBW. Además, para la antena transmisora 24/17 GHz se supusieron unos valores de discriminación fuera del eje en la gama de 40 dB a 60 dB. Por último, se tuvieron en cuenta tres valores de temperatura de ruido del sistema de recepción. Los resultados se presentan en los tres cuadros siguientes.

CUADRO 1

p.i.r.e. de cresta variable del satélite interferente

Línea N.º	Parámetro	Unidades	Caso 1	Caso 2	Caso 3
1	Temperatura de ruido del sistema de recepción en la asignación de la Región 2	dBK	31,8	31,8	31,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	-228,6	-228,6	-228,6
3	Densidad de potencia de ruido (N_0)	dB(W/Hz)	-196,8	-196,8	-196,8
4	Frecuencia	GHz	17,5	17,5	17,5
5	Zona isótropa	dB(m ²)	-46,3	-46,3	-46,3
6	Anchura de banda del transpondedor de 17 GHz	MHz	24,0	24,0	24,0
7	Ganancia de recepción del satélite víctima hacia la fuente interferente	dBi	0,0	0,0	0,0
8	p.i.r.e. de cresta del satélite interferente	dBW	55,0	60,0	65,0
9	Discriminación fuera del eje del transmisor del satélite interferente	dB	50,0	50,0	50,0
10	Separación orbital resultante entre satélites	grados	0,02	0,03	0,06
11	Separación orbital en km	km	14,1	25,0	44,4
12	Pérdidas de dispersión	dB	93,9	98,9	103,9
13	Potencia recibida interferente	dBW	-135,3	-135,3	-135,3
14	I_0/N_0	dB	-12,2	-12,2	-12,2
15	$\Delta T/T$	%	6,0	6,0	6,0

El Cuadro 1 muestra la separación orbital necesaria para satisfacer el criterio de $\Delta T/T$ del 6% para unos niveles variables de p.i.r.e. de transmisión del satélite 24/17 GHz. Las p.i.r.e. de cresta oscilan entre 55 dBW y 65 dBW (Línea 8). Las separaciones orbitales necesarias correspondientes se muestran en grados (Línea 10) y en km (Línea 11). Utilizando el mayor valor de p.i.r.e. de 65 dBW, una discriminación fuera del eje razonable de 50 dB y una temperatura de ruido del sistema de recepción de 31,8 dBK (1 500 K), la distancia de separación necesaria es de 0,06°. Si se añade una tolerancia en el mantenimiento en posición de la estación de $\pm 0,1^\circ$ para cada satélite, la mínima separación orbital entre emplazamientos nominales para satisfacer el criterio de $\Delta T/T$ del 6% sería de 0,26°.

CUADRO 2

Discriminación variable fuera del eje del satélite interferente

Línea N.º	Parámetro	Unidades	Caso 4	Caso 5	Caso 6
1	Temperatura de ruido del sistema de recepción en la asignación de la Región 2	dBK	31,8	31,8	31,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	-228,6	-228,6	-228,6
3	Densidad de potencia de ruido (N_0)	dB(W/Hz)	-196,8	-196,8	-196,8
4	Frecuencia	GHz	17,5	17,5	17,5
5	Zona isótropa	dB(m ²)	-46,3	-46,3	-46,3
6	Anchura de banda del transpondedor de 17 GHz	MHz	24,0	24,0	24,0
7	Ganancia de recepción del satélite víctima hacia la fuente interferente	dBi	0,0	0,0	0,0
8	p.i.r.e. de cresta del satélite interferente	dBW	65,0	65,0	65,0
9	Discriminación fuera del eje del transmisor del satélite interferente	dB	40,0	50,0	60,0
10	Separación orbital resultante entre satélites	grados	0,19	0,06	0,02
11	Separación orbital en km	km	140,5	44,4	14,1
12	Pérdidas de dispersión	dB	113,9	103,9	93,9
13	Potencia recibida interferente	dBW	-135,3	-135,3	-135,3
14	I_0/N_0	dB	-12,2	-12,2	-12,2
15	$\Delta T/T$	%	6,0	6,0	6,0

El Cuadro 2 muestra la variación en la distancia de separación necesaria (Líneas 10 y 11) para mantener un valor de $\Delta T/T$ del 6% mientras que la discriminación de la antena transmisora varía de 40 dB a 60 dB (Línea 9). En este caso, el valor de cresta de la p.i.r.e. de transmisión del satélite 24/17 GHz se mantuvo a un valor constante de 65 dBW. Para el caso más desfavorable de únicamente 40 dB de discriminación de la antena transmisora, la separación orbital necesaria es de 0,19°. También en este caso, añadiendo un máximo error de mantenimiento en posición de la estación de $\pm 0,1^\circ$ para cada satélite se obtiene una separación de 0,39° entre los centros del satélite.

CUADRO 3

Temperatura de ruido variable del satélite receptor 12/17 GHz

Línea N.º	Parámetro	Unidades	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1	Temperatura de ruido del sistema de recepción en la asignación de la Región 2	dBK	31,8	29,5	27,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	-228,6	-228,6	-228,6
3	Densidad de potencia de ruido (N_0)	dB(W/Hz)	-196,8	-199,1	-200,8
4	Frecuencia	GHz	17,5	17,5	17,5
5	Zona isótropa	dB(m ²)	-46,3	-46,3	-46,3
6	Anchura de banda del transpondedor de 17 GHz	MHz	24,0	24,0	24,0
7	Ganancia de recepción del satélite víctima hacia la fuente interferente	dB	0,0	0,0	0,0
8	p.i.r.e. de cresta del satélite interferente	dBW	65,0	65,0	65,0
9	Discriminación fuera del eje del transmisor del satélite interferente	dB	40,0	40,0	40,0
10	Separación orbital resultante entre satélites	grados	0,19	0,25	0,30
11	Separación orbital en km	km	140,5	181,5	222,2
12	Pérdidas de dispersión	dB	113,9	116,2	117,9
13	Potencia recibida interferente	dBW	-135,3	-137,5	-139,2
14	I_0/N_0	dB	-12,2	-12,2	-12,2
15	$\Delta T/T$	%	6,0	6,0	6,0

El Cuadro 3 muestra las separaciones orbitales requeridas para unas temperaturas de ruido del sistema de recepción de 1 500 K, 900 K y 600 K. La p.i.r.e. de cresta interferente y la discriminación fuera del eje se mantuvieron a unos valores constantes de 65 dBW y 40 dB, respectivamente. La separación orbital de caso más desfavorable es 0,30°, ó 0,50° con unas máximas tolerancias en el mantenimiento en posición de la estación.

Estos resultados muestran que sólo un satélite 24/17 GHz que esté muy próximo probablemente causará un rebasamiento en el nivel permitido $\Delta T/T$ del 6% hacia los satélites receptores 17/12 GHz. En el diseño de las redes de satélites 24/17 GHz deben tenerse en cuenta los resultados de estos análisis para evitar coordinaciones innecesarias con las asignaciones y modificaciones de 17/12 GHz en el Plan de la Región 2. Cabe señalar que muchos satélites de la Región 2 funcionan con un mantenimiento en posición de la estación de $\pm 0,05^\circ$ en vez de $0,1^\circ$. Ello reduciría todos los valores de separaciones orbitales totales indicados anteriormente en $0,05$ ó $0,1$, dependiendo de si sólo uno o los dos satélites tienen esta tolerancia estricta de mantenimiento en posición de la estación.

3 Caso del limbo ecuatorial

En el caso del limbo ecuatorial el trayecto de interferencia causada por un satélite transmisor 24/17 GHz de la Región 2 a un satélite 17/12 GHz receptor de las Regiones 1 ó 3 pasa de forma rasante por el limbo de la Tierra. La Fig. 2 ilustra esta configuración. El ángulo entre los satélites transmisor y receptor es de aproximadamente $162,6^\circ$ y la distancia en línea recta entre dichos satélites para este caso es 83 362 km o menos. En las Figs. 2 y 3 puede verse la geometría de este caso.

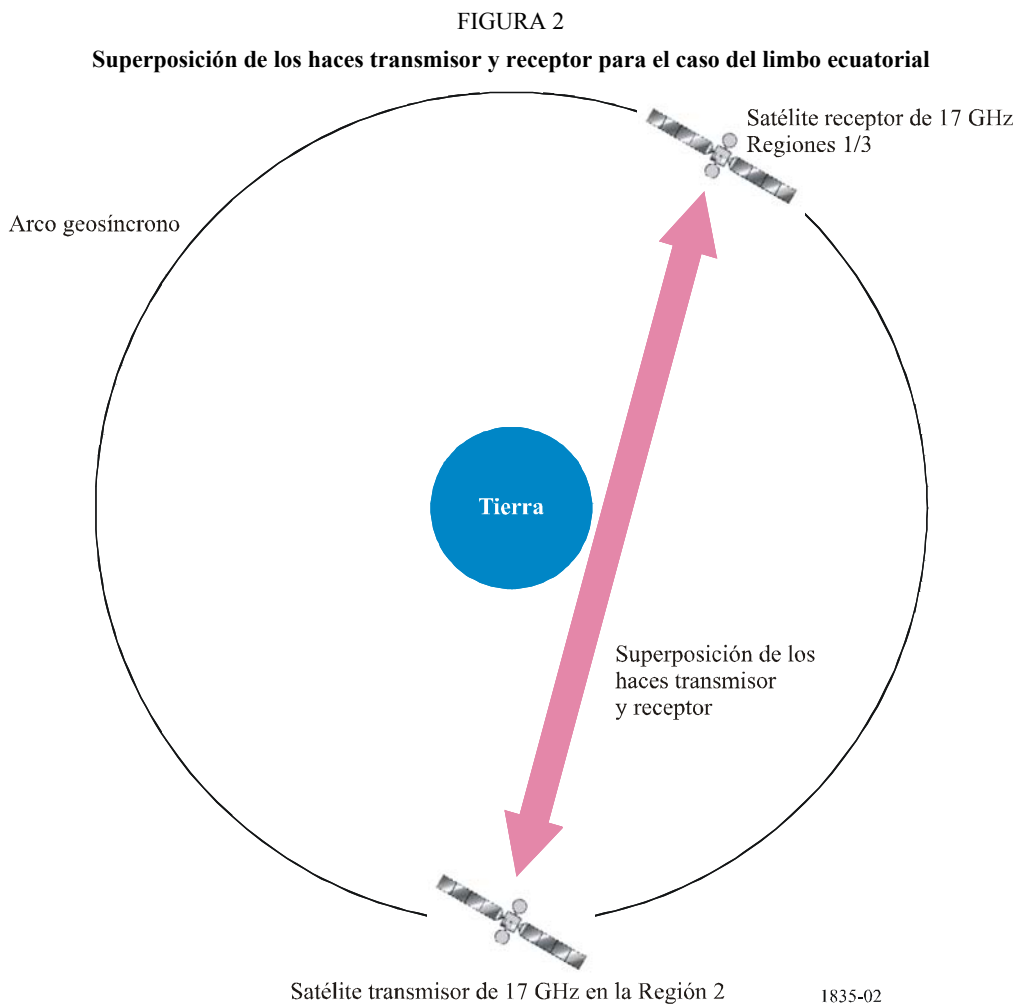
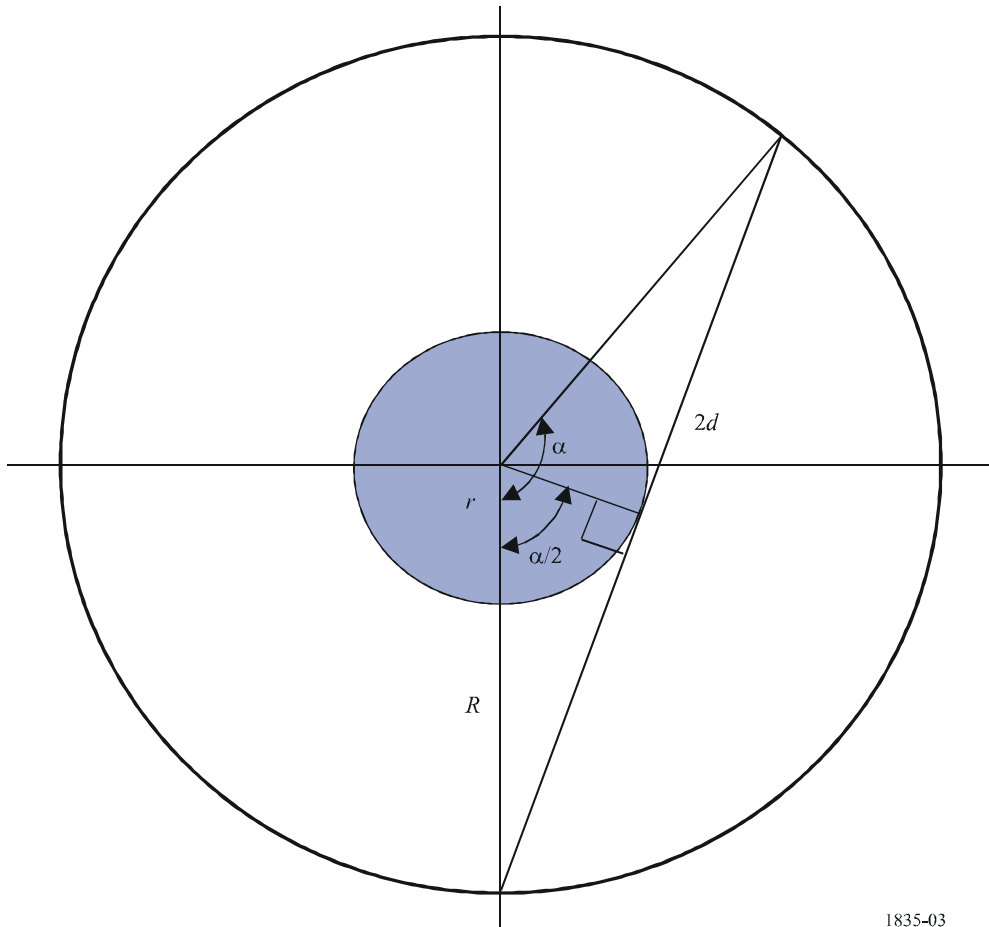


FIGURA 3
Geometría del limbo ecuatorial



1835-03

En las anteriores Figs. 2 y 3:

$$R = \text{altitud de la OSG} = 35\,796 \text{ km}$$

$$r = \text{radio de la Tierra} = 6\,370 \text{ km}$$

$$r/(r + R) = \cos(\alpha/2)$$

$$\alpha/2 = 81,3^\circ; \alpha = 162,6^\circ$$

$$2d = 2(r + R)\text{sen}(\alpha/2) = 83\,362 \text{ km}$$

Cuando se examina la geometría del caso de interferencia del limbo ecuatorial resulta evidente que existe sólo un pequeño número de combinaciones de zonas de cobertura de transmisión/recepción y de emplazamientos orbitales en las que puede aparecer interferencia. La interferencia en el limbo de la Tierra únicamente es posible cuando un satélite transmisor 24/17 GHz de la Región 2 y un satélite receptor 17/12 GHz de las Regiones 1 ó 3 da servicio a países próximos al ecuador y presenta unos valores elevados de ganancia de antena fuera del eje en el plano ecuatorial. En las Regiones 1 y 3 solamente existen unas pocas zonas de servicio de radiodifusión por satélite que estén próximas al ecuador. Se encuentran en Indonesia, Australia, Papua Nueva Guinea, India y países de África Central.

Para que se produzca una interferencia apreciable a través del limbo de la Tierra provocada por un satélite transmisor 24/17 GHz de la Región 2 a un satélite receptor 17/12 GHz de las Regiones 1 ó 3 tienen que darse todas las siguientes condiciones:

- el haz del satélite transmisor cubre América Central o América del Sur ecuatorial;
- una elevada potencia de transmisión en el plano ecuatorial; es decir un ángulo de llegada bajo del haz transmisor;
- el haz de satélite receptor cubre países ecuatoriales o subtropicales;
- una elevada ganancia de recepción en el plano ecuatorial; es decir, un ángulo de llegada bajo del haz receptor.

El Cuadro 4 calcula el valor de $\Delta T/T$ en el caso de la interferencia causada a una asignación del Plan de la Región 3 por un satélite transmisor 24/17 GHz ficticio de la Región 2. En ese análisis se utilizó la asignación INDA_101 de la Región 3. La ganancia de recepción fuera del eje (Línea 7) se obtuvo utilizando GIMS. Incluso con el alto valor de p.i.r.e. interferente de 65 dBW y sin discriminación de ganancia fuera del eje en el borde de la Tierra, el valor de $\Delta T/T$ es inferior al 1%. Este ejemplo muy conservador demuestra que las posibilidades de que se produzca interferencia apreciable en el limbo de la Tierra son muy reducidas.

CUADRO 4

Cálculo de $\Delta T/T$ para el caso del limbo ecuatorial

Línea N.º	Parámetro	Unidades	
1	Temperatura de ruido del sistema de recepción en la asignación de la Región 2	dBK	27,8
2	Constante de Boltzmann	dB(W/K/Hz)	228,6
3	Densidad de potencia de ruido (N_0)	dB(W/Hz)	-200,8
4	Frecuencia	GHz	17,5
5	Zona isótropa	dB(m ²)	-46,3
6	Anchura de banda del transpondedor de 17 GHz	MHz	24,0
7	Ganancia de recepción del satélite en la Región 1/3 hacia la fuente interferente	dBi	0,7
8	p.i.r.e. de cresta del satélite interferente	dBW	65,0
9	Discriminación fuera del eje del transmisor del satélite interferente	dB	0,0
10	Separación orbital resultante entre satélites	grados	162,6
11	Separación orbital en km	km	83 361,7
12	Pérdidas de dispersión	dB	169,4
13	Potencia recibida interferente	dBW	-150,1
14	I_0/N_0	dB	-23,0
15	$\Delta T/T$	%	0,5

4 Conclusiones

El análisis paramétrico presentado en este Anexo demuestra que la posibilidad de que un satélite transmisor 24/17 GHz del SRS en la Región 2 cause interferencia a satélites 17/12 GHz que funcionan con arreglo a los Apéndices 30 y 30A del RR en cualquier Región sólo es posible bajo dos hipótesis. Una de ellas (el caso del satélite adyacente) es cuando los satélites transmisor y receptor están muy próximos entre sí y la otra (caso del limbo ecuatorial) es cuando los satélites transmisor y receptor se encuentran en oposición a través del arco orbital geoestacionario.

En el caso de los satélites adyacentes, deben tomarse las debidas precauciones en el diseño de los satélites 24/17 GHz de manera que la potencia de transmisión en dirección del arco orbital (es decir aproximadamente 90°) sea suficientemente baja para evitar la interferencia con los satélites receptores 17/12 GHz cercanos, como puede observarse en los datos de los Cuadros 1 a 3. Para este caso, se ha demostrado que con unas características de funcionamiento razonables, los satélites transmisor y receptor pueden separarse entre $0,02^\circ$ y aproximadamente $0,3^\circ$, sin incluir el mantenimiento en posición de la estación.

Para el caso del limbo ecuatorial, la posibilidad de causar interferencia apreciable puede evitarse tomando unas ligeras precauciones tales como las de mantener los ángulos de llegada a las zonas de servicio por encima de 20° y reducir la cantidad de potencia de desbordamiento transmitida hacia el arco orbital.
