

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1430

DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE COORDINACIÓN DE LAS ESTACIONES TERRENAS QUE FUNCIONAN CON ESTACIONES ESPACIALES NO OSG CON RESPECTO A LAS ESTACIONES TERRENAS QUE FUNCIONAN EN LA DIRECCIÓN INVERSA EN LAS BANDAS DE FRECUENCIAS ATRIBUIDAS BIDIRECCIONALMENTE AL SFS

(Cuestiones UIT-R 253/4, UIT-R 231/4 y UIT-R 212/1)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que algunas bandas de frecuencias están atribuidas al SFS para su utilización por sistemas no OSG en ambas direcciones de transmisión Tierra-espacio y espacio-Tierra;
- b) que estas bandas de frecuencias se encuentran también disponibles para su utilización por sistemas OSG;
- c) que existe, por tanto, posibilidad de interferencia mutua entre estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales situadas, tanto en la órbita OSG como en órbitas no OSG;
- d) que esta interferencia potencial puede ser mitigada o evitada mediante la coordinación de tales estaciones terrenas;
- e) que es deseable limitar el número de coordinaciones que hayan de acometerse;
- f) que se puede definir una zona alrededor de una estación terrena transmisora fuera de la cual una estación terrena receptora sólo estaría sometida a una interferencia despreciable;
- g) que la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones está reuniendo los resultados de los trabajos efectuados por todas las Comisiones de Estudio competentes a fin de preparar textos completos con miras a la revisión del apéndice S7 del RR;
- h) que la Recomendación UIT-R P.620 contiene un modelo de propagación destinado a la coordinación de estaciones terrenas,

recomienda

- 1 que, en las bandas de frecuencias atribuidas al SFS en ambas direcciones de transmisión espacio-Tierra y Tierra-espacio y utilizadas por sistemas del SFS no OSG y OSG, se puede determinar una zona de coordinación bidireccional para cada estación terrena transmisora;
- 2 que, para este propósito, deberá utilizarse el Anexo 1 a la presente Recomendación.

ANEXO 1

Determinación de la zona de coordinación de las estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no OSG con respecto a las estaciones terrenas que funcionan en la dirección inversa en las bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente al SFS**1 Introducción**

Este procedimiento ha sido desarrollado para determinar la zona de coordinación bidireccional alrededor de una estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG en bandas de frecuencias utilizadas bidireccionalmente por una estación terrena que funciona con estaciones espaciales no OSG y por estaciones terrenas OSG.

El funcionamiento de estaciones terrenas no OSG y OSG transmisoras y receptoras en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente puede producir interferencias entre estaciones de las dos aplicaciones del SFS. La magnitud de tal interferencia depende de las pérdidas de transmisión a lo largo del trayecto interferente las cuales, a su vez, dependen de factores tales como la longitud y la geometría general del trayecto de interferencia, el ángulo de elevación operacional mínimo, la función de distribución de la ganancia de antena con el tiempo, las condiciones radioclimáticas y el porcentaje de tiempo durante el cual deben sobrepasarse las pérdidas de transmisión.

El procedimiento descrito permite la determinación, en todas las direcciones del acimut a partir de una estación terrena transmisora, de una distancia más allá de la cual las pérdidas de transmisión excederían un valor específico durante todo el tiempo, salvo un porcentaje especificado. La distancia determinada de este modo se denomina distancia de coordinación. Los puntos extremos de las distancias de coordinación determinadas para todos los acimutes definen un contorno de coordinación alrededor de la estación terrena que contiene la zona de coordinación. Para las estaciones terrenas situadas fuera de la zona de coordinación se considera despreciable la probabilidad de producir o sufrir una interferencia importante.

Las estaciones situadas fuera de la zona de coordinación de una estación planificada dada son eliminadas de cualquier consideración de coordinación. En consecuencia, los requisitos de coordinación de una estación pueden ser un asunto estrictamente nacional, si la zona de coordinación de la estación planificada se encuentra comprendida enteramente en el territorio de la administración notificante, o nacional e internacional si la zona de coordinación incluye también el territorio de otra administración, en cuyo caso se requiere el acuerdo de coordinación de dicha administración.

Las estaciones situadas en la zona de coordinación de una estación planificada han de examinarse inicialmente caso por caso, teniendo en cuenta la discriminación de la antena, la distancia de separación y el perfil del trayecto si es necesario.

Aunque se funde en datos técnicos, la zona de coordinación es un concepto administrativo. Puesto que la zona de coordinación se determina antes de que sean examinados en detalle cualesquiera casos específicos de interferencia potencial, debe basarse en parámetros supuestos de las estaciones terrenas receptoras, si bien se conocen los parámetros pertinentes de las estaciones terrenas transmisoras.

Una vez que se ha calculado la zona de coordinación alrededor de una estación terrena, puede establecerse, considerando que otra estación terrena funcione en la dirección inversa:

- si esta última estación terrena se va a situar fuera de la zona de coordinación, habrá entonces poco riesgo de interferencia ;
- si la estación terrena ha de situarse dentro de la zona de coordinación, será necesario entonces llevar a cabo una coordinación detallada.

La zona de coordinación se determinará normalmente para el caso en que la estación terrena no OSG es transmisora, y por tanto capaz de producir interferencia a la recepción de otras estaciones terrenas. Puede ser necesario también determinar la zona de coordinación para el caso en que la estación terrena no OSG sea receptora, y por tanto susceptible de sufrir interferencia producida por emisiones procedentes de otras estaciones terrenas.

El procedimiento que se estudia en este Anexo describe el caso en que la estación terrena no OSG es transmisora. Las metodologías se aplican de igual modo al caso en que la estación terrena no OSG es receptora. En la Recomendación UIT-R SM.1448, se pueden encontrar los parámetros necesarios para el cálculo de la zona de coordinación de la estación terrena transmisora. Para una estación terrena receptora, las metodologías pueden utilizarse por acuerdo bilateral solamente, puesto que los parámetros de la estación terrena transmisora con respecto a los cuales se establece la zona de coordinación deberán ser proporcionados por la administración responsable.

La zona de coordinación de una estación terrena que funciona con una estación espacial OSG situada en una órbita OSG ligeramente inclinada, debe determinarse para el ángulo de elevación mínimo y el acimut asociado en el cual la estación espacial es visible a la estación terrena.

2 Consideraciones generales

2.1 Concepto de pérdidas de transmisión mínima admisible

La determinación de la distancia de coordinación como la distancia desde una estación terrena no OSG más allá de la cual la señal de interferencia procedente de, o dirigida a una estación terrena OSG puede considerarse despreciable, se basa en la premisa de que la atenuación de una señal no deseada es, o puede ser representada por, una función monótonicamente creciente con la distancia.

La magnitud de la atenuación requerida entre un transmisor interferente y un receptor interferido viene dada por la pérdida de transmisión mínima admisible para el $p\%$ del tiempo, un valor de la pérdida de transmisión que debe ser excedido por la pérdida de transmisión real o prevista durante todo el tiempo, salvo un $p\%$ (cuando p es un porcentaje de tiempo pequeño, en la gama de 0,001% a 1,0%, se denomina como corto plazo; si $p \geq 20\%$, se denomina como largo plazo):

$$L(p) = P_t - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (1)$$

donde:

P_t : nivel de potencia de transmisión máximo disponible (dBW) en la anchura de banda de referencia a la entrada de la antena de una estación terrena interferente

$P_r(p)$: nivel umbral de interferencia de una emisión interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que será excedido durante el $p\%$ del tiempo como máximo en los terminales de la antena de recepción de una estación interferida, procediendo la emisión interferente de una sola fuente.

P_t y $P_r(p)$ están definidos para la misma anchura de banda de radiofrecuencia (la anchura de banda de referencia) y $L(p)$ y $P_r(p)$ para el mismo porcentaje de tiempo, dictado por los criterios de calidad de funcionamiento del sistema interferido.

La distancia de coordinación puede entonces determinarse aplicando un modelo de propagación adecuado. El UIT-R ha desarrollado modelos de propagación adecuados para la determinación de la zona de coordinación de estaciones terrenas que funcionan con redes no OSG.

2.2 El concepto de pérdida básica de transmisión mínima admisible

La pérdida de transmisión se define en términos de parámetros separables, en relación a la pérdida básica de transmisión (es decir, la atenuación entre antenas isótropas) y a las ganancias de antena efectivas en los dos extremos de un trayecto de interferencia. La pérdida básica de transmisión mínima admisible puede entonces expresarse como:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

$L_b(p)$: pérdida básica de transmisión mínima admisible (dB) para el $p\%$ del tiempo; este valor debe ser excedido por la pérdida básica de transmisión real y prevista durante todo el tiempo, salvo el $p\%$

G_t : ganancia de la antena de transmisión de la estación terrena interferente en la dirección del horizonte físico en un acimut dado (dBi). Si la estación interferente es una estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG, entonces G_t es una función que varía con el tiempo

G_r : ganancia de la antena receptora de la estación interferida en la dirección del horizonte físico en un acimut dado (dBi). Si la estación interferida es una estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG, entonces G_r es una función que varía con el tiempo.

2.3 Determinación del nivel umbral de interferencia $P_r(p)$ de una emisión interferente

El nivel umbral de interferencia (dBW) de la emisión interferente en la anchura de banda de referencia, que no debe ser excedido durante más del $p\%$ del tiempo en los terminales de la antena receptora de una estación sujeta a interferencia, procedente de cada fuente de interferencia, viene dado por la formula general siguiente:

$$P_r(p) = 10 \log(k T_e B) + N_L + 10 \log(10^{M_s/10} - 1) - W \quad \text{dBW} \quad (3)$$

donde:

- k : constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K)
- T_e : temperatura de ruido térmico del sistema receptor (K), en el terminal de la antena de recepción (véase la Nota 1)
- N_L : contribución de ruido del enlace (véase la Nota 2)
- B : anchura de banda de referencia (Hz), es decir, anchura de banda del sistema interferido sobre el que puede promediarse la potencia de la emisión interferente
- p : porcentaje de tiempo durante el cual la interferencia procedente de una fuente puede rebasar el valor umbral; puesto que las aportaciones de interferencia no se producirán probablemente a la vez: $p = p_0/n$
- p_0 : porcentaje de tiempo durante el cual la interferencia procedente de todas las fuentes puede rebasar el valor umbral
- n : número de contribuciones de interferencia de igual probabilidad e igual nivel equivalente, suponiendo que no están correlacionadas para pequeños porcentajes de tiempo
- M_s : margen de calidad de funcionamiento del enlace (dB) (véase la Nota 3)
- W : factor de equivalencia (dB) que expresa la relación de la interferencia procedente de emisiones interferentes con la causada, alternativamente, por la introducción de ruido térmico adicional de igual potencia en la anchura de banda de referencia (véase la Nota 4).

NOTA 1 – Puesto que se desconocen la ubicación y las características precisas de la estación, deben utilizarse las siguientes temperaturas de ruido del sistema de recepción de la estación terrena:

Gama de frecuencias (GHz)	T_e (K)
1-10	75
10-17	150
> 17	300

NOTA 2 – El factor N_L es la contribución de ruido al enlace. En el caso de un transpondedor de satélite, incluye el ruido del enlace ascendente, el ruido de intermodulación, etc. En ausencia de datos de interferencia específicos, se supone $N_L = 1$ dB para los enlaces del SFS.

NOTA 3 – M_s es el factor según el cual habría de incrementarse el ruido del enlace en condiciones de cielo despejado para producir la calidad de funcionamiento mínima especificada. Es la suma en dB de dos márgenes M_0 (el margen de calidad de funcionamiento natural) y ΔM (margen de exceso operacional). El margen de calidad de funcionamiento natural M_0 , es la diferencia en dB entre los dos valores de C/N que producirán exactamente los valores de calidad de funcionamiento nominal especificado largo plazo y mínimo especificado corto plazo, respectivamente. El margen de exceso ΔM , es la diferencia en dB entre la relación C/N real en condiciones de cielo despejado y el valor que produciría la calidad de funcionamiento nominal especificada; este margen puede ser igual a 0 dB. De este modo, M_s es el margen de desvanecimiento real pero es también el margen con el que puede aumentarse el nivel mínimo del ruido con cielo despejado (por ejemplo, como resultado de emisiones interferentes) para producir condiciones de calidad de funcionamiento mínima.

En sistemas analógicos del SFS, M_0 viene dado por $M_0 = 10 \log (50\,000/10\,000) = 7$ dB. Puesto que es suficiente considerar el desvanecimiento al menos por debajo de unos 17 GHz, ΔM toma el valor 0 dB, y $M_s = 7$ dB. En frecuencias por encima de unos 17 GHz, puede suponerse que ΔM tome un valor superior a 0 dB.

En los sistemas digitales del SFS, M_0 puede ser tan pequeño como 1 dB para los circuitos por satélite prácticos. En los circuitos por satélite reales, debido a la presencia de códigos FEC, la curva de la BER en función de la C/N presenta una gran pendiente. Además, con BER tan bajas como 1×10^{-5} , el decodificador del módem puede perder la sincronización del tren de bits entrante debido a que el algoritmo FEC del módem empieza a fallar. Especialmente para velocidades binarias muy bajas, el tiempo de recuperación puede ser significativamente largo. Así, una degradación de la relación C/N tan pequeña como 1,0 dB, cuando la BER es 1×10^{-7} , puede dar como resultado una calidad de funcionamiento degradada y/o un tiempo de interrupción para todos los usuarios finales que va desde unos pocos segundos a varios

minutos. El pequeño valor de M_0 , es decir, 1 dB, probablemente no será suficiente para hacer frente al desvanecimiento de los enlaces reales, y por tanto, M_s se calculará directamente a partir de la profundidad de desvanecimiento esperada para los porcentajes reales del tiempo de interés. Valores prácticos de M_s son por consiguiente:

F (GHz)	M_s (dB)
< 10	2
10-17	4
> 17	6

NOTA 4 – El factor W (dB) es el nivel de la potencia de ruido térmico de radiofrecuencia con respecto a la potencia recibida de una emisión interferente que, en lugar del primero y contenida en la misma anchura de banda (de referencia), produciría la misma interferencia (por ejemplo, un incremento de la potencia de ruido del canal vocal o de vídeo, o de la BER). El factor W depende por lo general de las características de la señal deseada y de la señal interferente. El factor W es positivo cuando las emisiones interferentes pueden causar más degradación que el ruido térmico. Cuando la señal deseada es digital, W es normalmente igual a, o menor que, 0 dB, con independencia de las características de la señal interferente.

3 Determinación de la ganancia de antena de la estación terrena no OSG

En el caso de una estación terrena que funciona con satélites no OSG, la ganancia de antena varía según funciones del tiempo. La distribución estadística de la ganancia en la dirección del horizonte de la antena de la estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG puede ser proporcionada por las administraciones o ser obtenida mediante simulaciones en computador.

Si se utilizan simulaciones en computador, un procedimiento para calcular la variación con el tiempo de la ganancia de la antena transmisora o receptora de la estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG consiste en lo siguiente:

- Simular la constelación de satélites no OSG durante un periodo de tiempo suficientemente largo (por ejemplo, un ciclo de repetición de la constelación) y un tiempo de pasada apropiado a la altitud de la órbita para tener una representación válida de las variaciones de la ganancia de la antena.
- En cada tiempo de pasada, registrar los ángulos de acimut y de elevación en la estación terrena de todos los satélites que son visibles desde la estación terrena y se encuentran por encima del ángulo de elevación operacional mínimo. Además del ángulo de elevación, se pueden utilizar criterios para evitar determinadas geometrías, por ejemplo, la evitación del arco de la órbita geoestacionaria.
- Utilizar el diagrama de antena de la estación terrena o una fórmula que proporcione una buena aproximación al mismo para calcular la ganancia en la dirección del horizonte en cada ángulo del acimut y de elevación alrededor de la estación terrena.
- Para cada acimut en la dirección del horizonte alrededor de la estación terrena, calcular el porcentaje de tiempo en que ocurre cada ganancia. La función de distribución de probabilidad (fdp) de la ganancia de antena en la dirección del horizonte varía en la gama de $G_{\min}$ a $G_{\max}$. Se recomienda que se apliquen incrementos de s dB entre $G_{\min}$ y $G_{\max}$, es decir, $G = \{G_{\min}, G_{\min} + s, G_{\min} + 2s, \dots, G_{\max}\}$. Se recomienda un valor de $s = 0,1$ a $0,5$ dB.
- Obtener la función de distribución acumulativa (fda) de la ganancia mediante la integración de la función de densidad de la ganancia; esta función de distribución acumulativa proporciona el porcentaje del tiempo en que la ganancia es menor que, o igual a, un valor específico.

En el método algorítmico anterior deben aplicarse las siguientes ecuaciones para describir la geometría de la dirección de puntería de la antena de la estación terrena que funciona con la estación espacial no OSG como una función del tiempo.

Para una Tierra esférica y una órbita circular, el ángulo de elevación (ϵ_t) hacia un satélite no OSG visto desde la estación terrena que funciona con estaciones espaciales no OSG viene dado por:

$$\epsilon_t = \arcsin \left\{ \left(r_s \cos(\psi) - r_g \right) / \left(r_s^2 + r_g^2 - 2r_s r_g \cos(\psi) \right)^{0,5} \right\} \quad (4)$$

donde:

$$\cos(\psi) = \cos(\xi_t) [\cos(\dot{\theta}t + \lambda_g - \lambda_s) \cos(\omega + f) + \sin(\dot{\theta}t + \lambda_g - \lambda_s) \cos(i_s) \sin(\omega + f)] \\ + \sin(\xi_g) \sin(i_s) \sin(\omega + f)$$

$$\dot{\theta}t = \omega_e - \dot{\Omega}$$

ω_e : velocidad de rotación de la Tierra = 0,004178 (grados/s)

$\dot{\Omega}$: velocidad de precesión de los nodos del satélite no OSG (grados/s)

ψ : ángulo entre los vectores desde el centro de la Tierra al satélite no OSG y desde el centro de la Tierra a la estación terrena no OSG (grados)

r_s : distancia desde el centro de la tierra al satélite no OSG (km)

r_g : distancia desde el centro de la Tierra a la estación terrena no OSG (km)

λ_s : longitud del nodo ascendente de la órbita del satélite no OSG en el instante $t = 0$ (grados)

i_s : ángulo de inclinación operacional de la órbita del satélite no OSG (grados)

ω : argumento del perigeo de la órbita del satélite no OSG en el instante t (grados)

f : anomalía verdadera del satélite no OSG en su órbita en el instante t (grados)

λ_g, ξ_g : longitud y latitud de la estación terrena no OSG (grados)

t : tiempo (s).

El vector del satélite desde el centro de la estación terrena, como función del tiempo viene dado por:

$$r_s = r_s \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = r_s \begin{bmatrix} \sin(\dot{\theta}t - \lambda_s) \cos(i_s) \sin(\omega + f) + \cos(\dot{\theta}t - \lambda_s) \cos(\omega + f) \\ \cos(\dot{\theta}t - \lambda_s) \cos(i_s) \sin(\omega + f) - \sin(\dot{\theta}t - \lambda_s) \cos(\omega + f) \\ \sin(i_s) \sin(\omega + f) \end{bmatrix} \quad (5)$$

La longitud, λ_t y la latitud, ξ_t , subsatelitales como funciones del tiempo son:

$$\lambda_t = \arctan(y/z) \quad \xi_t = \arcsin(z/r_s) \quad (6)$$

El acimut, α_s , del satélite no OSG visto desde la estación terrena que funciona con estaciones espaciales no OSG es:

$$\alpha_s = \left\{ \frac{\cos(\xi_t) \sin(\delta)}{\sin(\xi_g) \cos(\xi_t) \cos(\delta) - \cos(\xi_g) \sin(\xi_t)} \right\} \quad (7)$$

donde:

$$\delta = \lambda_g - \lambda_t \quad (8)$$

El ángulo $\varphi(\alpha_s)$ (entre el eje de alineación de la antena y la dirección del horizonte) correspondiente a un acimut pertinente α_s , expresado como una función de los ángulos de acimut y de elevación del eje de alineación (α_s, ϵ_t) y de los ángulos de acimut y de elevación (α_0, ϵ_0) en la dirección pertinente, viene dado por:

$$\varphi(\alpha_s) = \arccos \left\{ \cos(\alpha_s - \alpha_0) \cos(\epsilon_t) \cos(\epsilon_0) + \sin(\epsilon_t) \sin(\epsilon_0) \right\} \quad (9)$$

cuando $\epsilon_0 = 0^\circ$:

$$\varphi(\alpha_s) = \arccos \left\{ \cos(\alpha_s - \alpha_0) \cos(\epsilon_t) \right\} \quad (10)$$

En el Apéndice 1 al Anexo 1 se presentan dos ejemplos de cálculo de la ganancia de antena en la dirección del horizonte de una estación terrena no OSG.

4 Determinación de la ganancia de antena en la dirección del horizonte para una estación desconocida

4.1 Determinación de G_r de una estación terrena OSG

Puesto que se desconocen, no solamente las características de la estación terrena receptora, sino también su ubicación precisa, se aplica la hipótesis de que la estación terrena receptora se encuentra en cualquier parte del límite de la zona de coordinación bidireccional, y que esto la sitúa relativamente próxima, en términos geométricos globales, a la estación terrena transmisora. Se establecen por tanto como supuestos de simplificación, que puede utilizarse la geometría plana en lugar de la geometría esférica entre las dos estaciones terrenas, y que el emplazamiento de la estación terrena receptora tiene la misma latitud que la estación terrena transmisora alrededor de la cual se desea determinar la zona de coordinación.

Como se prescribe en la ecuación (2), las ganancias de las antenas transmisora y receptora en la dirección del horizonte deben sumarse para cada acimut. Esto permite representar directamente la ganancia de la antena transmisora en función del acimut, pero un acimut determinado en las ubicaciones de la antena transmisora es el acimut opuesto, o acimut posterior, en la ubicación de la antena receptora. Por consiguiente, a un valor de G_t calculado para cada acimut α en la estación terrena no OSG transmisora debe añadirse un valor de G_r que se calcula para el acimut $\alpha' = (\alpha + 180^\circ)$.

En la determinación de la ganancia de antena G_r e la estación terrena receptora se admite que:

- El haz principal no está dirigido hacia el horizonte físico sino hacia un satélite situado en algún ángulo de elevación, quizás un ángulo de elevación grande.
- La dirección del haz principal está limitada por los emplazamientos posibles de los satélites OSG.

Por lo tanto, para determinar la G_r de una estación terrena OSG, sin conocer el emplazamiento de una estación terrena receptora, se aplicará el procedimiento descrito en el Apéndice 2 al Anexo 1.

Como no se conoce de antemano hacia qué emplazamiento orbital está dirigido un haz de antena de estación terrena receptora, debe determinarse la ganancia de antena en la dirección del horizonte debe determinarse para todos los emplazamientos de la órbita geoestacionaria. Además, puesto que no se conoce la elevación del horizonte, se utiliza 0° para todos los acimuts. Finalmente, la hipótesis de que la latitud de la estación terrena receptora es la misma que la de la estación terrena transmisora para la cual se está determinando la zona de coordinación, es una hipótesis simplificadora que introduce errores despreciables por lo general que, en cualquier caso no sobrepasarán los 2 dB.

Por ello el procedimiento dado en el Caso 2 del Apéndice 2 al Anexo 1 para el cálculo de la ganancia de antena en la dirección del horizonte de la estación terrena, debe aplicarse para cada salto de acimut α' en un ángulo de elevación del horizonte de 0° .

El supuesto de un ángulo de elevación del horizonte de 0° es prudente, puesto que el aumento de la ganancia de antena debido a un horizonte elevado sería, en la práctica, mayor que el descentrado producido por cualquier apantallamiento del emplazamiento real que, para el emplazamiento de la antena receptora, debe suponerse igual a cero. Debe señalarse que, si bien no puede suponerse que exista efecto de apantallamiento en el emplazamiento para la estación terrena receptora, cualquier efecto de apantallamiento del terreno que pueda existir en la estación terrena transmisora se considera en la forma normal.

Un ejemplo de cómo pueden sumarse las ganancias de antena G_t y G_r en una representación de acimut común se presenta a continuación:

$$\alpha = 192^\circ$$

$$\alpha + 180^\circ = 372^\circ = 360^\circ + 12^\circ$$

$$\alpha' = 12^\circ$$

$G_t + G_r$ se obtiene a partir de:

$$G_t + G_r = G_t(\alpha) + G_r(\alpha') \quad \text{dB} \quad (11)$$

para cada acimut α en una estación terrena transmisora, que se utilizará en la ecuación (2). Al determinar $G_r(\alpha')$ mediante la ecuación (28) del Apéndice 2 al Anexo 1 y las ecuaciones que siguen, $G_{\text{máx}}$ se hará igual a 42 dBi.

4.2 Determinación de G_r de una estación terrena no OSG

Cuando la estación terrena desconocida funciona con estaciones espaciales no OSG, la ganancia de antena en la dirección del horizonte y cualquier acimut debería normalmente variar con el tiempo. Por definición, resulta imposible conocer el comportamiento estadístico de las variaciones de la ganancia de la estación desconocida, debiéndose por consiguiente establecer un supuesto simplificador.

En el método de la ganancia invariante con el tiempo, el valor real de la ganancia de antena en la dirección del horizonte se basa en la variación máxima supuesta de la ganancia de antena en la dirección del horizonte para cada acimut. Para cada acimut deben utilizarse los valores de la ganancia de antena en la dirección del horizonte definidos a continuación:

$$\begin{aligned} G_e &= G_{\max} && \text{para} && (G_{\max} - G_{\min}) \leq 20 && \text{dB} \\ G_e &= G_{\min} + 20 && \text{para} && 20 \text{ dB} < (G_{\max} - G_{\min}) < 30 && \text{dB} \\ G_e &= G_{\max} - 10 && \text{para} && (G_{\max} - G_{\min}) \geq 30 && \text{dB} \end{aligned}$$

donde:

- G_e : ganancia de antena en la dirección del horizonte de la estación terrena desconocida (dBi) para un acimut en particular utiliza en la ecuación G_t o G_r , según se trate de una estación terrena transmisora o estación terrena receptora
- $G_{\max}$, $G_{\min}$: valores máximo y mínimo, respectivamente, de la ganancia de antena en la dirección del horizonte (dBi) en el acimut considerado.

Se necesitan las características del sistema representativas de la estación terrena desconocida para obtener $G_{\min}$ y $G_{\max}$.

5 Determinación de zonas de coordinación

Una vez reunidas las características de las estaciones terrenas conocida y desconocida, puede aplicarse uno de los dos métodos descritos en los § 5.1 y 5.2 para determinar la zona de coordinación de la estación terrena.

El método descrito en el § 5.1 efectúa algunas aproximaciones para ahorrar la necesidad de realizar una convolución de las distribuciones estadísticas de la pérdida de transmisión y la ganancia de antena. Estas aproximaciones dan como resultado unas distancias de coordinación idénticas o más pequeñas que las generadas por una convolución total. La truncación del modelo de pérdida de transmisión en valores menores que un 100% introduce errores pequeños o despreciables. La ventaja de este método estriba en que los algoritmos requeridos son sencillos y se ahorra la necesidad de derivar funciones de distribución de la pérdida de transmisión. La sencillez de este método contribuye a garantizar la repetibilidad de los resultados entre diferentes realizaciones de soporte lógico. Este método es menos sensible a los errores derivados de los tamaños de los sectores (bins) utilizados en las distribuciones de la ganancia y la pérdida.

El método descrito en el § 5.2 se basa en una idea principal conceptualmente más exacta aunque más compleja de realizar. La exactitud potencial no puede conseguirse en la práctica por dos motivos principales: en primer lugar el modelo actual de propagación de la Recomendación UIT-R P.620 es válido solamente para porcentajes de tiempo inferiores al 50% y superiores al 0,001%; es por tanto necesario aproximar algunas partes de la función de distribución de la pérdida de transmisión, con las consiguientes pérdidas de exactitud. En segundo lugar, la convolución discreta y la subsiguiente búsqueda de la distancia de coordinación requerida necesita valores finitos del tamaño de paso de la iteración y criterios de convergencia. Al igual que en el método del § 5.1, la utilización de un tamaño de paso de iteración demasiado amplio desembocará en una sobre o infraestimación de la distancia de coordinación requerida. En cualquier caso la mayor complejidad del método del § 5.2 puede alentar el uso de tamaños de paso amplios y de criterios de convergencia para reducir los periodos de cálculo por computador. Se recomienda utilizar los valores más pequeños dados en el § 5.2.

En realizaciones prácticas se ha demostrado que los dos métodos dan resultados comparables, obteniéndose distancias de coordinación ligeramente más pequeñas con el método del § 5.1.

5.1 Determinación de la distancia de coordinación por el método 1

La distancia de coordinación para un modelo de propagación específico es aquella distancia d (km), que dará como resultado un valor de la pérdida básica de transmisión disponible igual a la pérdida básica de transmisión mínima admisible definida en el § 2.2.

La metodología utilizada aquí precisa que se conozcan las distribuciones estadísticas de la variación con el tiempo de la ganancia de antena en la dirección del horizonte de la estación terrena que funciona con la estación espacial no OSG, pero no necesita una derivación de la función de distribución de la pérdida de transmisión.

La resolución de la ecuación (2) para la pérdida básica de transmisión mínima admisible que se da a continuación se refiere al caso de una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG. Un procedimiento similar puede adoptarse para el caso de una estación terrena receptora no OSG en la cual la ganancia de antena G_r varía con el tiempo.

La ecuación de la pérdida básica de transmisión mínima admisible puede escribirse de nuevo como sigue:

$$L_b(p') - G_t(p_i) = P_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (12)$$

donde:

P_t , $P_r(p)$ y G_r se definen en las ecuaciones (1) y (2), donde p es el porcentaje de tiempo durante el cual el nivel de interferencia puede sobrepasar el umbral de interferencia $P_r(p)$.

p_i y p' vienen definidos por las siguientes probabilidades:

$$p(G_t \geq G_{ti}) = p_i$$

$$p(L_b \leq L_{bi}) = p'$$

$G_t(p_i)$ es la variación con el tiempo de la ganancia de la antena transmisora (dBi) en la dirección del horizonte físico para un acimut dado de la estación terrena interferente que funciona con una estación espacial no OSG.

Suponiendo que el trayecto de transmisión, L_b , y la ganancia de antena, G_t , son variables independientes, el porcentaje de tiempo total, p , durante el cual $\{L_b - G_t\}$ puede ser menor que, o igual a, $\{P_t + G_r - P_r(p)\}$ es igual al producto de p' y p_i :

$$p(L_b - G_t \leq L_{bi} - G_{ti}) = p' p_i$$

Para cada pareja de valores de p' y p_i que satisfagan la condición de $p = p' p_i$, existe una familia de valores L_b y G_t que satisface la ecuación (12). Mediante la utilización de la fda de la ganancia de antena G_t , para cada acimut, se selecciona un valor G_{ti} tal que G_t exceda a G_{ti} durante sólo el $p_i\%$ del tiempo. En cada uno de tales pasos los valores de G_{ti} y p_i son fijos. Entonces la ecuación (12) puede ser escrita de nuevo como sigue:

$$L_{bi}(p') = P_t + G_{ti}(p_i) + G_r - P_r(p) \quad \text{dB}$$

Los cálculos de $L_{bi}(p')$ se repiten para todos los niveles de ganancia G_{ti} , como se describe en los pasos de la implementación más adelante. A partir de los valores de $L_{bi}(p')$ y de las distancias asociadas, la distancia correspondiente al valor máximo se selecciona como la distancia de coordinación en el acimut especificado.

La distancia de coordinación se determina como se describe en los pasos siguientes:

Paso 1: Se calcula la fda de la ganancia de antena en la dirección del horizonte de la estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG en un acimut específico como se indica en el § 3. Esta función puede también ser suministrada por las administraciones.

Paso 2: A partir de la fda de la ganancia de antena en la dirección del horizonte, se determina el valor mínimo de la ganancia ($G_{t\min}$) y el valor máximo de la ganancia, $G_{t\max}$. Se elige un incremento de ganancia s dB y se divide esta gama de ganancias entre cierto número de niveles de ganancia $\{G_{t\min}, G_{t\min} + s, G_{t\min} + 2s, \dots, G_{t\max}\}$. Se recomienda un valor de $s = 0,1$ a $0,5$ dB.

Paso 3: Se determina el porcentaje de tiempo, p_i , asociado con cada nivel de ganancia G_{ti} . Este p_i representa el porcentaje de tiempo durante el cual la ganancia de antena en la dirección del horizonte es superior o igual a G_{ti} .

Paso 4: Se determina el porcentaje de tiempo p' de la pérdida de transmisión mínima requerida asociada con cada p_i :

$$p' = p/p_i \quad \text{si} \quad p/p_i \leq Z\%$$

$$p' = Z\% \quad \text{si} \quad p/p_i > Z\%$$

donde el valor recomendado para Z es $Z = 20\%$, y p' está definido en la gama $0 \leq p' \leq 100\%$. Si p' es mayor que 100% debe ser ignorado.

Paso 5: Se calcula la pérdida mínima requerida para la emisión interferente:

$$L_{bi}(p') = P_t + G_{ti}(p_i) + G_r - P_r(p) \quad \text{dB}$$

Paso 6: Se determina la distancia, d_i (km), entre la estación interferente y la estación sometida a interferencia utilizando un modelo de propagación apropiado, como el modelo del modo de propagación (1) de la Recomendación UIT-R P.620.

Paso 7: Se repiten los Pasos 3 a 6 para cada nivel de ganancia G_{ti} en la gama de ganancias de $G_{t\min}$ a $G_{t\max}$. A partir de los valores de distancia d_i (km) calculados en el Paso 6, se selecciona el que corresponde a la distancia máxima como distancia de coordinación en el acimut especificado.

Paso 8: Se comprueba si la distancia de coordinación d (km) es menor que el límite de distancia de coordinación mínima, $d_{\min}$, o mayor que el límite de distancia de coordinación máxima, $d_{\max}$:

si $d < d_{\min}$ se hace $d = d_{\min}$

si $d > d_{\max}$ se hace $d = d_{\max}$

donde $d_{\min}$ y $d_{\max}$ son los valores definidos en la Recomendación UIT-R P.620.

Paso 9: Se repiten los Pasos 1 a 8 para cada acimut alrededor de la estación terrena. En la práctica, puede ser suficiente en general efectuar esta repetición con un incremento de 5° .

En el Apéndice 3 al Anexo 1 se da un ejemplo del cálculo del contorno de las distancias de coordinación que utiliza esta metodología.

5.2 Determinación de la distancia de coordinación por el método 2

5.2.1 Introducción

En este método, el contorno de coordinación se determina mediante cálculos que aplican las distribuciones estadísticas de variación con el tiempo asociadas con la pérdida básica de transmisión prevista y con la ganancia de antena en la dirección del horizonte de una estación terrena. Este método tiene en cuenta las distribuciones estadísticas conjuntas de la pérdida de propagación y la ganancia de antena mediante la convolución de sus fdp.

En los casos en los que la ganancia de antena en la dirección del horizonte se puede predecir con un grado de confianza elevado, el contorno de coordinación determinado por este método garantizará que ninguna estación terrena situada fuera del mismo causará o sufrirá interferencia inaceptable con respecto a la estación terrena.

En este método, la ecuación (2) es substituida por la condición siguiente:

$$(L_c - G_\alpha)(p) > P_t G_b - P_r(p) \quad (13)$$

donde:

$(L_c - G_\alpha)(p)$: combinación de la pérdida básica de transmisión a una distancia d (km) y la ganancia de antena en la dirección del horizonte no excedida durante el $p\%$ del tiempo. El método para evaluar esta función se describe más adelante

P_t : nivel de potencia de transmisión máximo posible (dBW) en la anchura de banda de referencia a la entrada de la antena de una estación potencialmente interferente

G_b : ganancia de antena de la estación terrena desconocida

$P_r(p)$: nivel de interferencia umbral de una emisión interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe sobrepasarse más del $p\%$ del tiempo en los terminales de la antena receptora de una estación interferida, procediendo la emisión interferente de una sola fuente.

Se utiliza un proceso iterativo de manera sucesiva para incrementar la distancia de coordinación hasta que el primer miembro de la ecuación (13) supere al segundo miembro. La primera distancia para la que se cumple esta condición es la distancia de coordinación. Para cada incremento de la distancia es necesario repetir el cálculo de $L_c - G_\alpha(p)$ mediante un proceso que incluya una convolución discreta.

En la descripción que aquí se hace se supone que el modelo de propagación cumple dos requisitos:

a) que el modelo da unas pérdidas no superadas durante porcentajes de tiempo en la gama de 0,001% a 50%; y

- b) que el modelo da como resultado pérdidas que tienen la forma de una función de la distancia monótonicamente creciente.

Si este método se utilizara con un modelo de propagación que no cumpliera el requisito a), habría que revisar el método de ampliación de la distribución acumulativa a porcentajes de tiempo superiores al 50% (véase el § 5.2.2.3). Si el modelo de propagación no cumpliera el requisito b), (por ejemplo si se aplicara de conformidad con la Recomendación UIT-R P.452), sería necesario revisar el método de iteración utilizado para determinar la distancia a la cual se cumplía exactamente el umbral de interferencia. El modelo de propagación de la Recomendación UIT-R P.620 cumple ambos requisitos y puede por tanto utilizarse con el método compuesto aquí descrito.

El proceso se describe por los pasos siguientes:

5.2.2 Metodología de cálculo

5.2.2.1 Nomenclatura

En la descripción se utiliza la nomenclatura siguiente:

- X : conjunto o agrupación de valores
- X_i : valor i -ésimo del conjunto de valores de X
- N_X : número de valores de X
- $q_G(\mathbf{G})$: fdp de la ganancia de antena en la dirección del horizonte; es decir, $q_G(G_i)$ indica la probabilidad de que la ganancia de antena en la dirección del horizonte sea igual a G_i
- $q_L(\mathbf{L})$: fdp de la pérdida de trayecto para una distancia dada; es decir, $q_L(L_i)$ indica la probabilidad de que la pérdida de trayecto sea igual a L_i
- $r_L(\mathbf{L})$: fda de la pérdida de trayecto para una distancia dada; es decir, $r_L(L_i)$ indica la probabilidad de que la pérdida de trayecto sea menor que L_{i5}
- $q_C(\mathbf{C})$: fdp de la combinación de la pérdida de trayecto – ganancia de antena en la dirección del horizonte para una distancia dada; es decir, $q_C(C_i)$ indica la probabilidad de que la combinación de la pérdida de trayecto – ganancia de antena en la dirección del horizonte sea igual a C_i
- $r_C(\mathbf{C})$: fda de la combinación de la pérdida de trayecto – ganancia de antena en la dirección del horizonte para una distancia dada, es decir, $r_C(C_i)$ indica la probabilidad de la combinación de la pérdida de trayecto – ganancia de antena en la dirección del horizonte sea mayor que C_i
- s : resolución de las fdp de la ganancia de antena en la dirección del horizonte y de la pérdida de trayecto. Se recomienda un valor de $s = 0,1$ dB
- $d_{\min}$: distancia de coordinación mínima, definida en la Recomendación UIT-R P.620
- $d_{\max}$: distancia de coordinación máxima, definida en la Recomendación UIT-R P.620
- d_s : incremento de la longitud del trayecto para la iteración. Se recomienda un valor entre 0,1 km y 0,5 km.

5.2.2.2 Metodología de cálculo (núcleo)

- a) De conformidad con el § 3, se determina la distribución de probabilidad completa de la ganancia de antena en la dirección del horizonte $q_G(\mathbf{G})$, para cada acimut α . Cada valor de $\mathbf{G}$ debe ser un múltiplo entero de s dB, por ejemplo, $\mathbf{G} = \{-10,0, -9,9, -9,8, \dots\}$ dBi.

- b) Para cada α , se efectúan los siguientes pasos:

Paso 1: La distancia en consideración se indica por d_i y viene dada por:

$$\mathbf{d}_i = \{d_{\min}, d_{\min} + d_s, d_{\min} + 2d_s, \dots\} \quad \text{km}$$

Paso 2: Comenzando con la distancia d_1 , se llevan a cabo los siguientes pasos:

Paso 2.1: Se determina la distribución de probabilidad de la pérdida básica de transmisión $q_L(\mathbf{L})$ como se describe en el § 5.2.2.3.

Paso 2.2: Se hace una convolución de las dos distribuciones de probabilidad $q_L(\mathbf{L})$ y $q_G(\mathbf{G})$ y se integra a continuación para obtener una distribución de probabilidad acumulativa $r_C(\mathbf{C})$ como se describe en el § 5.2.2.4.

Paso 2.3: El valor de $(L_c - G_\alpha)(p)$ es el valor no excedido por la distribución acumulativa de la combinación de la pérdida básica de transmisión y la ganancia de antena en la dirección del horizonte para el $p\%$ del tiempo. En otras palabras, es el valor de C_i para el cual $r_C(C_i) = p$, donde p es el porcentaje de tiempo asociado con el nivel umbral de interferencia. Cuando no hay un valor de $r_C(C_i)$ que corresponda exactamente a p , se acepta por lo general tomar el valor más próximo.

Paso 2.4: Si la desigualdad de la ecuación (13) es falsa y $d_i < d_{m\acute{a}x}$, se debe incrementar d_i y repetir los Pasos 2.1 a 2.4. De lo contrario la distancia de coordinación es d_i .

NOTA 1 – Se pueden aplicar métodos más eficaces de iteración que convergerían más rápidamente a la distancia de coordinación requerida. Pueden utilizarse métodos de iteración alternativos siempre que su solución converja con un error que no sea superior a 0,5 km.

5.2.2.3 Determinación de la distribución de probabilidad de la pérdida básica de transmisión

Para el cálculo de la distancia d_i se precisa una fdp de la pérdida básica de transmisión. La gama de valores de la pérdida básica de transmisión se indica como L donde:

$$L = \{L_{m\acute{i}n}, L_{m\acute{i}n} + s, L_{m\acute{i}n} + 2s, \dots, L_{m\acute{a}x}\} \quad \text{dB}$$

y s indica el valor del paso incremental.

El valor mínimo, $L_{m\acute{i}n}$, es el valor de la pérdida básica de transmisión que corresponde a $p = 0,001\%$. El valor máximo, $L_{m\acute{a}x}$, viene dado por:

$$L_{m\acute{a}x} = 2L_{mean} - L_{m\acute{i}n} \quad \text{dB}$$

donde L_{mean} es el valor de la pérdida básica de transmisión correspondiente a $p = 50\%$.

Los valores de $L_{m\acute{i}n}$ y $L_{m\acute{a}x}$ deben redondearse al valor s dB más próximo. A cada valor de L , es necesario asociarle un porcentaje de tiempo que represente el porcentaje durante el cual no es excedido el valor de la pérdida, $r_L(L_i)$. El método para determinar $r_L(L_i)$ varía según el valor de L_i , como se indica en el Cuadro 1:

CUADRO 1

L_i	$r_L(L_i)$
$L_{m\acute{i}n}$	0,001
$L_{m\acute{i}n} < L_i < L_{mean}$	Determinada por iteración; es decir, en el modelo de propagación, los valores de la distancia y de la pérdida básica de transmisión son fijos, y el valor correspondiente de p se calcula por iteración
L_{mean}	50
$L_{mean} < L_i < L_{m\acute{a}x}$	$100 - r_L(2L_{mean} - L_i)$
$L_{m\acute{a}x}$	99,999

Es necesario derivar la fdp de la pérdida básica de transmisión a partir de la distribución acumulativa. Ésta se denota por $q_L(L)$ y puede determinarse a partir de:

$$q_L(L_i) = r_L(L_i) \quad \text{para } i = 1$$

y

$$q_L(L_i) = r_L(L_i) - r_L(L_{i-1}) \quad \text{para } i > 1$$

5.2.2.4 Método para convolucionar las distribuciones de probabilidad

Para determinar la fdp y luego la fda de la combinación de ganancia de antena en la dirección del horizonte y la pérdida básica de transmisión para la distancia d_i , se dan los pasos que siguen.

Los valores máximo y mínimo de las distribuciones combinadas vienen dados por:

$$C_{m\acute{a}x} = L_{m\acute{a}x} - G_{m\acute{i}n} \quad \text{dB}$$

y

$$C_{m\acute{i}n} = L_{m\acute{i}n} - G_{m\acute{a}x} \quad \text{dB}$$

El conjunto de valores de C es entonces:

$$C = \{C_{\min}, C_{\min} + s, C_{\min} + 2s, \dots, C_{\max}\} \quad \text{dB}$$

Sea N_L y N_G el número de valores de cada L y G respectivamente.

Para cada valor de C_i , se configura una convolución discreta para obtener la probabilidad total de que la combinación pérdida de trayecto – ganancia de antena en la dirección del horizonte sea igual al valor de C_i :

$$q_C(C_i) = \sum_{n=l}^u q_L(L_n) \cdot q_G(L_n - C_i)$$

Los límites inferior y superior de la suma vienen dados por:

$$l = \begin{cases} i - N_G + 1 & \text{para } i > N_G \\ 1 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

$$u = \begin{cases} i & \text{para } i \leq N_L \\ N_L & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

La distribución combinada acumulativa de la pérdida básica de transmisión y la ganancia de antena en la dirección del horizonte viene dada por:

$$r_C(C_i) = q_C(C_i) \quad \text{para } i = 1$$

$$r_C(C_i) = r_C(C_{i-1}) + q_C(C_i) \quad \text{para } i > 1$$

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Ejemplos de distribución de la ganancia de antena

1 Consideraciones generales

En el presente Apéndice se presentan ejemplos sobre la determinación de las distribuciones estadísticas de la ganancia de la antena transmisora de una estación terrena que funciona con satélites no OSG. Todos los ejemplos aquí presentados utilizan las siguientes fórmulas para el diagrama de antena de la estación terrena que funciona con la estación espacial no OSG:

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_{\max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{para } 0 < \varphi < \varphi_m \\ 2 + 15 \log(D/\lambda) & \text{para } \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r \\ 29 - 25 \log(\varphi) & \text{para } \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ \\ -10 & \text{para } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \end{cases}$$

donde:

$$\phi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{m\acute{a}x} - 2 - 15 \log(D/\lambda)} \quad \text{grados}$$

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

D : diámetro de la antenna

λ : longitud de onda expresada en la misma unidad que D

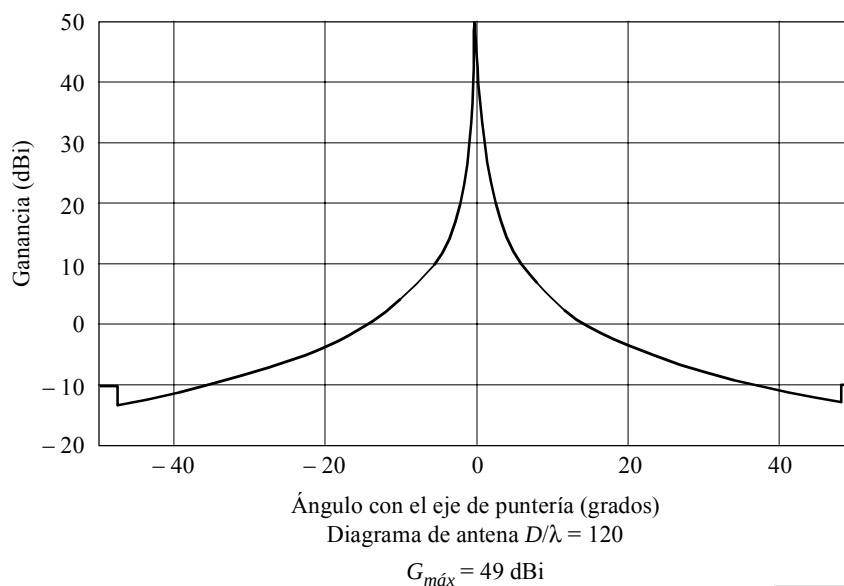
$G_{m\acute{a}x}$: ganancia máxima de la antenna (dBi)

ϕ : ángulo con respecto al eje de alineación (grados).

En la Fig. 1 se muestra este diagrama de antenna para una relación entre el diámetro de antenna a la longitud de onda, D/λ , de 120 y una ganancia máxima, $G_{m\acute{a}x}$, de 49 dBi (aproximadamente un 55% de eficacia). Este diagrama tiene una anchura de haz de $0,5^\circ$ aproximadamente.

FIGURA 1

Diagrama de antenna utilizado en los ejemplos



1430-01

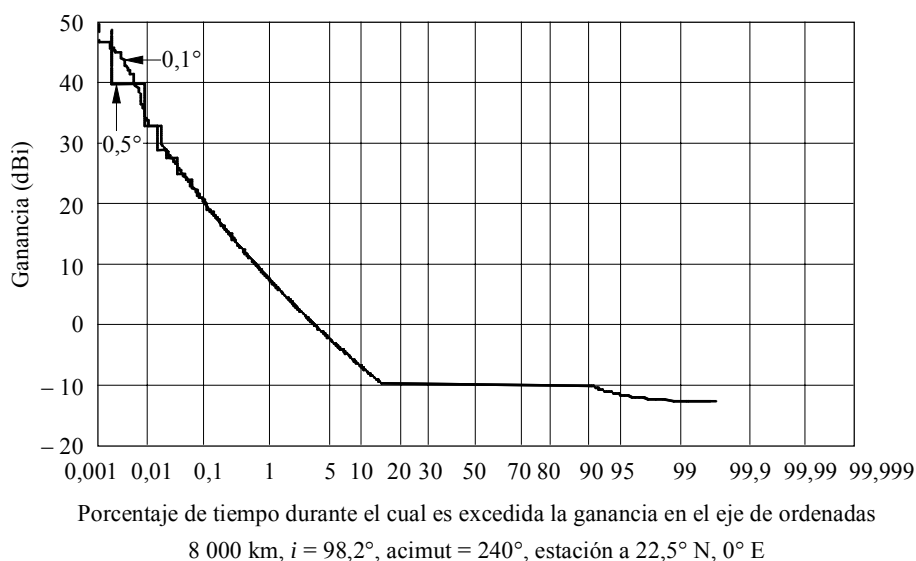
Los ejemplos presentados en este Apéndice se refieren a una órbita circular y consideran una Tierra esférica para el cálculo de los ángulos de acimut y de elevación del eje de alineación de la estación terrena.

Ejemplo 1: En este ejemplo se considera un estación terrena que funciona con una estación espacial no OSG emplazada en ($22,5^\circ$ N, 0° E) que a su vez funciona con un satélite no OSG en una órbita circular con un semieje mayor de 8 000 km y una inclinación, i , de $98,2^\circ$.

En la Fig. 2 se representan curvas típicas de distribución del exceso de ganancia en la dirección del horizonte con resoluciones de $0,1^\circ$ y $0,5^\circ$ de los ángulos de acimut y de elevación. Ambas curvas se han confeccionado para un acimut de 240° . Como puede verse, la curva de $0,5^\circ$ de resolución es bastante ruidosa para porcentajes de tiempo bajos, por lo que un paso de $0,5^\circ$ representa una variación importante de la ganancia muy próxima al haz principal. Una resolución más pequeña proporciona una curva más suave, como la generada con una resolución de $0,1^\circ$ en los ángulos de acimut y de elevación.

FIGURA 2

Distribución típica del exceso de ganancia en la dirección del horizonte aplicando resoluciones de $0,1^\circ$ y $0,5^\circ$ en los ángulos de elevación y de acimut

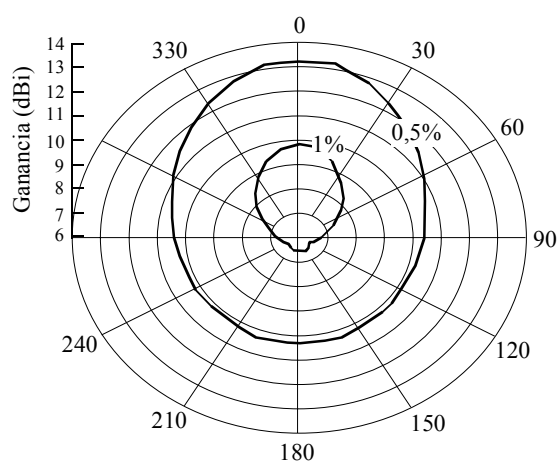


1430-02

En la Fig. 3 se representa la ganancia que es excedida durante el 0,5% y el 1% del tiempo como una función del ángulo acimutal. Estos resultados se obtuvieron con una resolución de dimensión de pasada de $0,5^\circ$ en los ángulos de elevación y de acimut.

FIGURA 3

Contornos de la ganancia del Ejemplo 1 para el 0,5% y el 1% del tiempo

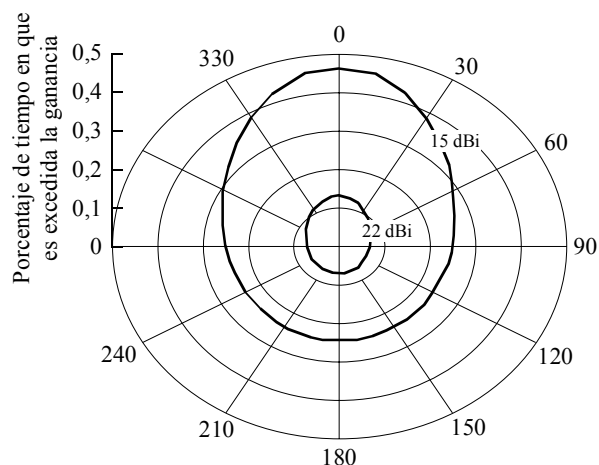


1430-03

En la Fig. 4, la ganancia en la dirección del horizonte es fija y el porcentaje de tiempo durante el cual es excedida la ganancia se representa como una función del ángulo acimutal. Los contornos se muestran para ganancias de 15 dBi y 22 dBi, y son generados con resoluciones de dimensión de pasada de $0,5^\circ$.

FIGURA 4

Contornos que dan el porcentaje de tiempo durante el cual es excedido un valor de ganancia específico



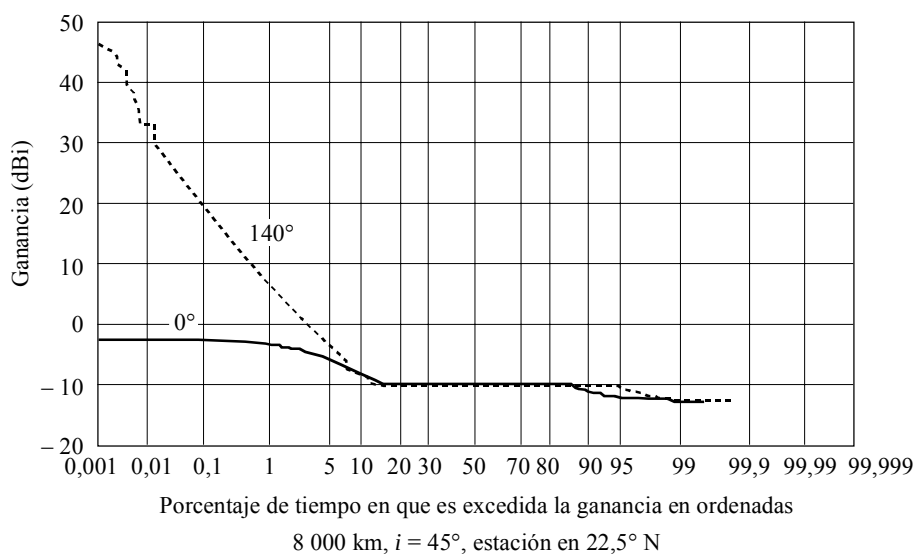
1430-04

Ejemplo 2: Este ejemplo se refiere a la misma estación terrena que funciona con una estación espacial y un satélite no OSG descrita en el Ejemplo 1, pero en este caso la órbita del satélite tiene una inclinación, i , de 45° .

En la Fig. 5 se representan dos distribuciones del exceso de ganancia para ángulos acimutales de 0° y 140° . La diferencia de ganancias en porcentajes del tiempo alrededor del 1% es importante. En la Fig. 6 se representa la ganancia que es excedida durante el 0,5% y el 1% del tiempo como una función del ángulo acimutal. El pequeño valor en el acimut 0° es debido a que en esa dirección nunca se ve el satélite.

FIGURA 5

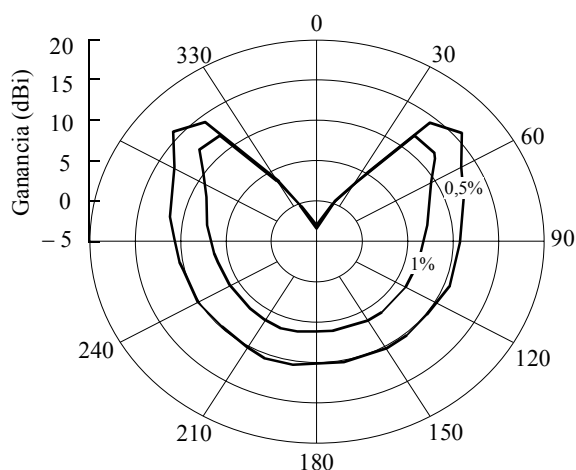
Distribuciones del exceso de ganancia para los dos ángulos acimutales de 0° y 140°



1430-05

FIGURA 6

Contornos de la ganancia del Ejemplo 2 con una resolución de 0,1°



1430-06

APÉNDICE 2*

AL ANEXO 1

Ganancia de antena de una estación terrena OSG en la dirección del horizonte**1 Consideraciones generales**

La componente ganancia de la antena de una estación terrena en la dirección del horizonte físico alrededor de dicha estación terrena es una función de la separación angular entre el eje del haz principal de la antena y el horizonte en la dirección que se está considerando. Cuando la estación terrena se utiliza para transmitir a más de una estación espacial situadas en la órbita geoestacionaria, o a una o más estaciones espaciales en órbitas ligeramente inclinadas, deben considerarse todas las posibles direcciones de puntería del eje del haz principal de la antena. Para la coordinación de la estación terrena es necesario conocer $\phi(\alpha)$, valor mínimo posible de la separación angular que se producirá durante el funcionamiento de la estación espacial, para cada acimut.

Cuando un satélite OSG mantiene su emplazamiento próximo a su posición orbital nominal, su elevación ϵ , y su acimut α , vistos desde una estación terrena situada en una latitud ξ_g están inequívocamente relacionados. En la Fig. 7 se muestran los posibles arcos de emplazamiento de posiciones en la órbita geoestacionaria mediante una representación rectangular acimut/elevación. Se muestran arcos correspondientes a un juego de latitudes de la estación terrena, y los arcos de intersección corresponden a puntos en la órbita con una diferencia fija en longitud Este u Oeste de la estación terrena. En la Fig. 7 se muestra también una porción del perfil del horizonte $\epsilon(\alpha)$. El ángulo fuera del haz $\phi(\alpha)$ entre el perfil del horizonte en una acimut de 190° y una estación espacial situada 28° W de una estación terrena que se encuentra en una latitud de 43° N, se indica mediante el arco de círculo máximo representado por una línea discontinua en la Fig. 7.

Cuando el mantenimiento en posición Norte-Sur de un satélite geoestacionario se degrada, la órbita del satélite se hace inclinada, aumentando esta inclinación gradualmente con el tiempo. Vista desde la Tierra, la posición del satélite traza una figura en ocho durante cada periodo de 24 h. En la Fig. 8 se muestran las trayectorias de un conjunto de satélites, cada uno de ellos con una inclinación de 10°, y separados por 3° a lo largo de la órbita geoestacionaria desde 28° W a 44° E de una estación terrena situada en 43° N de longitud. A los fines de la determinación de la zona de coordinación, sólo se precisa considerar la envolvente de los límites de estas trayectorias. Puede utilizarse una envolvente de límites simple basada en las excursiones máximas en latitud y longitud de los puntos subsatelitales de los satélites en todas las posiciones posibles a lo largo del arco, tal como se muestra en la Fig. 8. En esta Figura se indica también, mediante una curva discontinua, el arco de círculo máximo correspondiente al valor mínimo del ángulo fuera del haz $\phi(\alpha)$ entre esta envolvente y el perfil del horizonte en un acimut de 110°.

* Este Apéndice reproduce el Apéndice 1 al Anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847.

2 Determinación de $\varphi(\alpha)$

En la determinación del ángulo fuera del haz $\varphi(\alpha)$, se pueden diferenciar cuatro casos. Estos casos dependen de si se considera una estación espacial única o una porción de la órbita geoestacionaria, y de si la estación terrena funcionará o no con estaciones espaciales situadas en órbitas ligeramente inclinadas. En todos los casos pueden utilizarse las siguientes ecuaciones:

$$\psi_s(i, \delta) = \arccos(\sin \xi_g \sin i + \cos \xi_g \cos i \cos \delta) \quad (14)$$

$$\varepsilon_s(i, \delta) = \arcsin \left(\frac{K \cos \psi_s(i, \delta) - 1}{(1 + K^2 - 2K \cos \psi_s(i, \delta))^{1/2}} \right) \quad (15)$$

$$\alpha'_s(i, \delta) = \arccos \left[\frac{\sin i - \cos \psi_s \sin \xi_g}{\sin \psi_s \cos \xi_g} \right] \quad (16)$$

$$\alpha_s(i, \delta) = \alpha'_s(i, \delta) \quad \text{para estaciones espaciales situadas al Este de la estación terrena } (\delta \geq 0) \quad (17)$$

$$\alpha_s(i, \delta) = 360^\circ - \alpha'_s(i, \delta) \quad \text{para estaciones espaciales situadas al Oeste de la estación terrena } (\delta \leq 0) \quad (18)$$

$$\varphi(\alpha, i, \delta) = \arccos [\cos \varepsilon(\alpha) \cos \varepsilon_s(i, \delta) \cos(\alpha - \alpha_s(i, \delta)) + \sin \varepsilon(\alpha) \sin \varepsilon_s(i, \delta)] \quad (19)$$

donde:

ξ_g :	latitud de la estación terrena (positiva para Norte; negativa para Sur)
δ :	diferencia de longitud entre la estación terrena a la estación espacial
i :	latitud del punto subsatelital (positiva para Norte; negativa para Sur)
$\psi_s(i, \delta)$:	arco de círculo máximo entre la estación terrena y el punto subsatelital
$\alpha_s(i, \delta)$:	acimut de la estación espacial visto desde la estación terrena
$\varepsilon_s(i, \delta)$:	ángulo de elevación de la estación espacial visto desde la estación terrena
$\varphi(\alpha, i, \delta)$:	ángulo entre el haz principal y la dirección del horizonte correspondiente al ángulo pertinente, α , cuando el haz principal es orientado hacia una estación espacial con un punto subsatelital de latitud i y una diferencia de longitud δ
α :	acimut de la dirección pertinente
$\varepsilon(\alpha)$:	ángulo de elevación del horizonte en el acimut pertinente, α
$\varphi(\alpha)$:	ángulo que se utilizará para el cálculo de la ganancia en la dirección del horizonte en el acimut pertinente, α
K :	radio de la órbita/radio de la Tierra; se supone un valor de 6,62.

Todos los arcos mencionados anteriormente se expresan en grados.

Caso 1: Estación espacial única, sin inclinación orbital.

Para una estación espacial única que funciona sin inclinación orbital en una posición orbital con una diferencia de longitud δ_0 , las ecuaciones (14) a (19) se pueden aplicar directamente haciendo $i = 0$, para determinar $\varphi(\alpha)$ para cada acimut α . Con ello:

$$\varphi(\alpha) = \varphi(\alpha, 0, \delta_0) \quad (20)$$

donde δ_0 es la diferencia de longitud entre la estación terrena y la estación espacial.

Caso 2: Varias estaciones espaciales situadas en una porción del arco orbital OSG, sin inclinación orbital.

En el caso de varias estaciones espaciales que funcionan sin inclinación orbital en una porción del arco orbital OSG, las ecuaciones (14) a (19) se pueden aplicar directamente haciendo $i = 0$, para calcular el valor mínimo del ángulo fuera del eje del haz. Para cada acimut α , el ángulo $\varphi(\alpha)$ es el valor mínimo de $\varphi(\alpha, 0, \delta)$ para cualquier posición a lo largo del arco. Así:

$$\begin{aligned} \varphi(\alpha) &= \min \varphi(\alpha, 0, \delta_0) \\ \delta_w &\leq \delta \leq \delta_e \end{aligned} \quad (21)$$

donde:

δ_e : diferencia de longitud en el extremo Este de la porción operacional del arco orbital

δ_w : diferencia de longitud en el extremo Oeste de la porción operacional del arco orbital.

Caso 3: Varias estaciones espaciales situadas en una porción del arco orbital OSG, con inclinación orbital.

Si hay varias estaciones espaciales que operan en órbitas ligeramente inclinadas en una porción del arco OSG con una diferencia de longitud nominal comprendida entre δ_e y δ_w , debe tenerse en cuenta la inclinación orbital máxima a lo largo de sus vidas útiles, i_s . Pueden aplicarse las ecuaciones (14) a (19) para calcular el ángulo mínimo fuera del eje con cada uno de los cuatro arcos espaciales en acimut/elevación que limitan la trayectoria de la estación espacial en acimut y elevación. Los arcos limitadores corresponden a las latitudes máxima y mínima de los puntos subsatelitales y a los extremos de la diferencia de longitud entre la estación terrena y espacial cuando la estación espacial funciona en su inclinación máxima. De este modo:

$$\begin{aligned} \varphi(\alpha) &= \min \varphi_n(\alpha) \\ 1 &\leq n \leq 4 \end{aligned} \quad (22)$$

con:

$$\begin{aligned} \varphi_1(\alpha) &= \min \varphi(\alpha, -i_s, \delta) \\ \delta_w - \delta_s &\leq \delta \leq \delta_e + \delta_s \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \varphi_2(\alpha) &= \min \varphi(\alpha, i_s, \delta) \\ \delta_w - \delta_s &\leq \delta \leq \delta_e + \delta_s \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \varphi_3(\alpha) &= \min \varphi(\alpha, i, \delta_w - \delta_s) \\ -i_s &\leq i \leq i_s \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \varphi_4(\alpha) &= \min \varphi(\alpha, i, \delta_e + \delta_s) \\ -i_s &\leq i \leq i_s \end{aligned} \quad (26)$$

$$\delta_s = (i_s / 15)^2 \quad (27)$$

donde:

i_s : ángulo máximo de inclinación operacional de la órbita del satélite

δ_s : variación máxima de la longitud con respecto al valor nominal del punto subsatelital de un satélite con una inclinación orbital i_s .

Caso 4: Una sola estación espacial, con órbitas inclinadas.

En el caso de una sola estación espacial, que funciona en una diferencia de longitud nominal δ_0 , con una inclinación orbital máxima de i_s a lo largo de su vida útil, la determinación de $\varphi(\alpha)$ se realiza del mismo modo que en el Caso 3, salvo que aquí $\delta_e = \delta_w = \delta_0$.

Debe señalarse que la determinación de los ángulos mínimos fuera del eje del haz en las ecuaciones (21), (23), (24), (25) y (26) puede realizarse tomando incrementos a lo largo de un contorno límite. El tamaño de pasada en i o en δ debe estar comprendido entre $0,5^\circ$ y $1,0^\circ$ y deben incluirse en la determinación los puntos extremos de las gamas respectivas.

Obsérvese que el perfil del horizonte $\epsilon(\alpha)$ que se emplea en la determinación de $\varphi(\alpha)$ debe especificarse en incrementos de acimut α que no deben exceder de 5° .

3 Determinación de la ganancia de antena

La relación $\varphi(\alpha)$ puede utilizarse para derivar una función de la ganancia de antena en la dirección del horizonte, $G(\text{dB})$ como una función del acimut α , utilizando el diagrama de antena real de la estación terrena, o una fórmula que proporcione una buena aproximación. Por ejemplo, en los casos en que la relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda es inferior a 35, debe emplearse la ecuación (28):

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_{\text{máx}} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{para } 0 < \varphi < \varphi_m \\ G_1 & \text{para } \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r \\ 29 - 25 \log(\varphi) & \text{para } \varphi_r \leq \varphi < 36^\circ \\ -10 & \text{para } 36^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \end{cases} \quad (28)$$

donde:

D : diámetro de la antena

λ : longitud de onda expresada en la misma unidad que D

G_1 : ganancia del primer lóbulo lateral

$$G_1 = \begin{cases} -1 + 15 \log(D/\lambda) & \text{dBi para } D/\lambda \geq 100 \\ -21 + 25 \log(D/\lambda) & \text{dBi para } D/\lambda < 100 \end{cases}$$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{\text{máx}} - G_1} \quad \text{grados}$$

$$\varphi_r = \begin{cases} 15,85 (D/\lambda)^{-0,6} & \text{grados para } D/\lambda \geq 100 \\ 100 (\lambda/D) & \text{grados para } D/\lambda < 100 \end{cases}$$

Los diagramas anteriores pueden modificarse según convenga para obtener una representación mejor del diagrama de antena real.

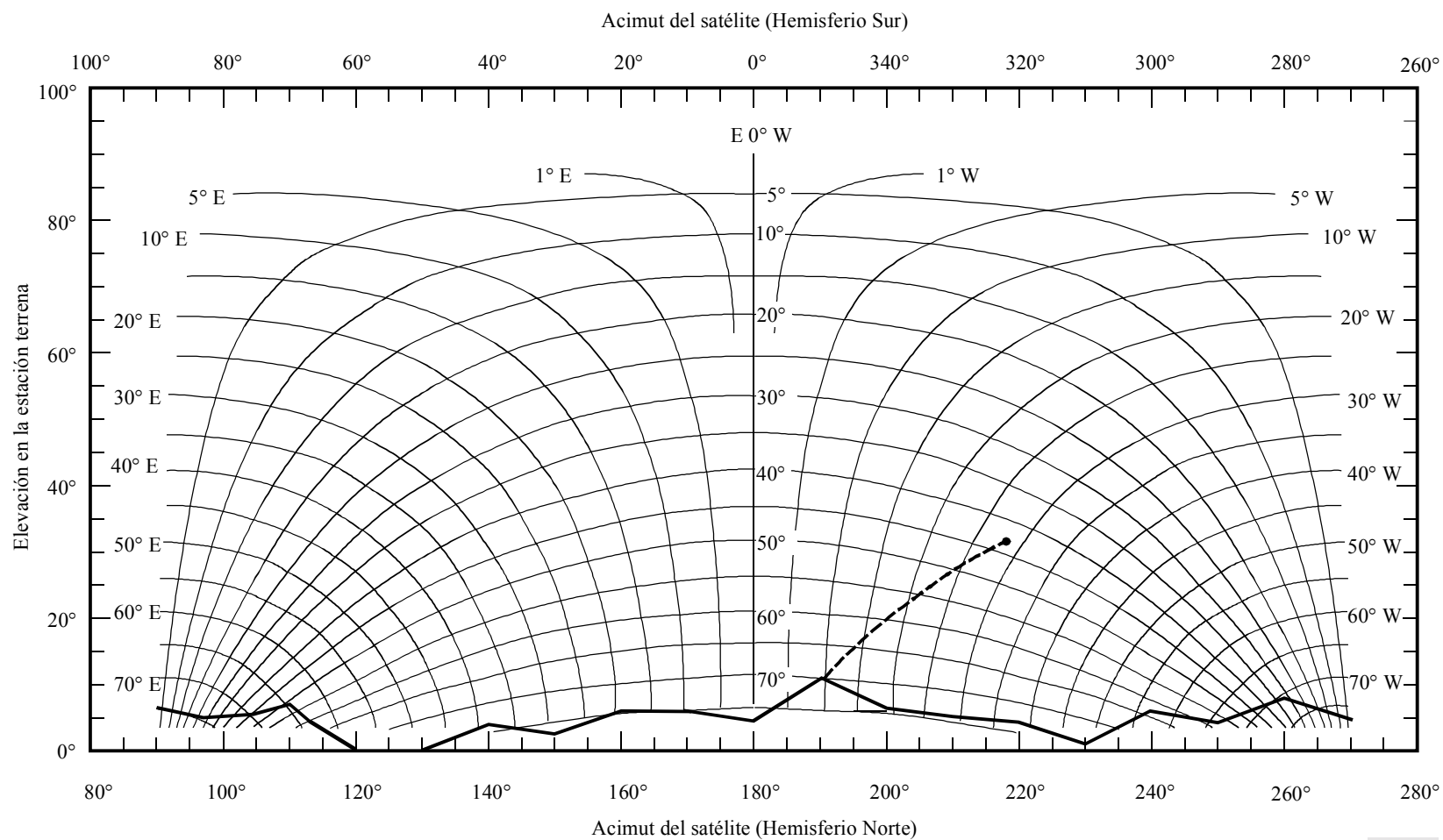
En los casos en que D/λ no está dada, puede estimarse a partir de la expresión:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{\text{máx}} - 7,7$$

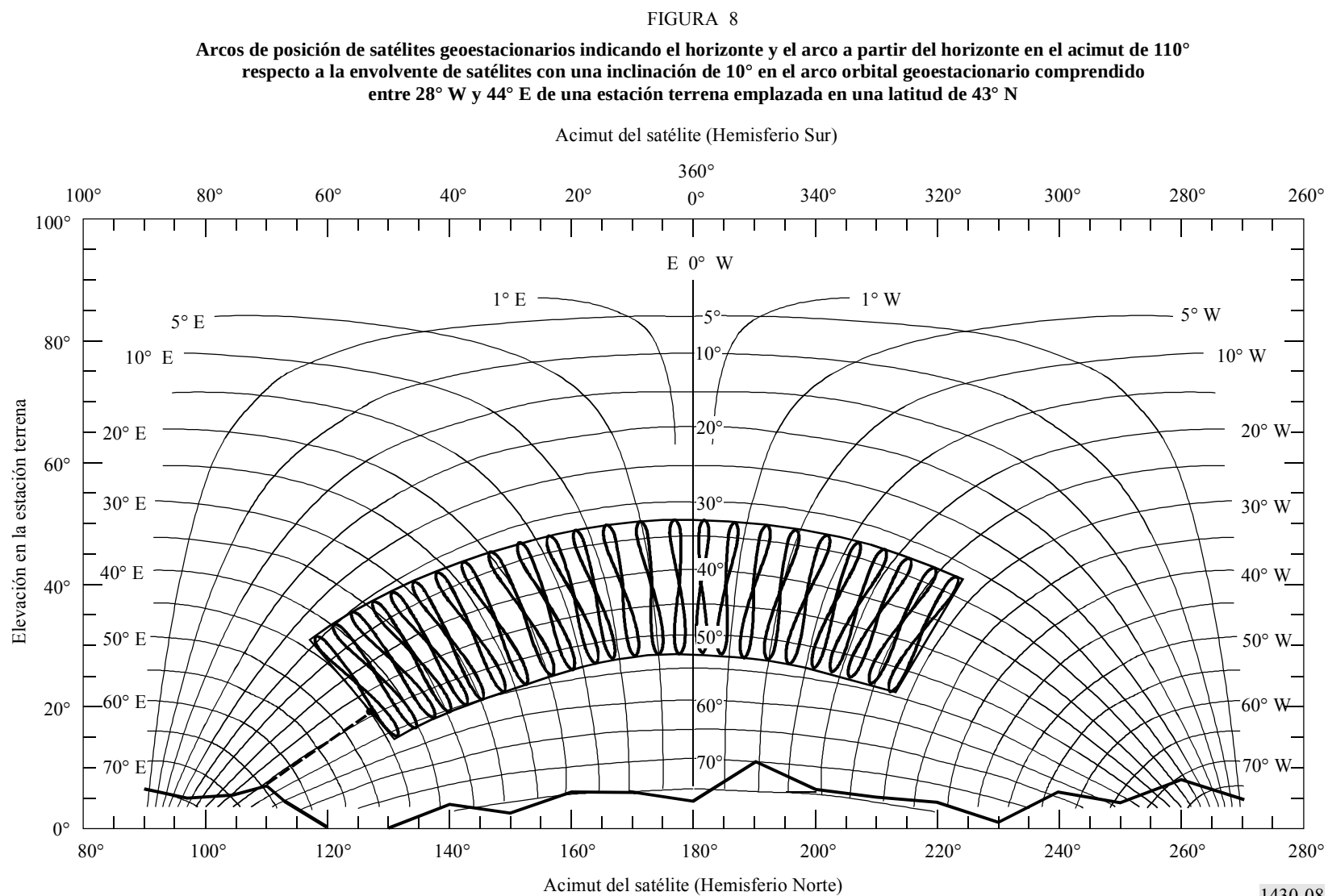
donde $G_{\text{máx}}$ es la ganancia de antena máxima del lóbulo principal (dB).

FIGURA 7

Arcos de posición de satélites geoestacionarios indicando el horizonte y el arco a partir del horizonte en un acimut de 190° hacia un satélite situado a 28° W de una estación terrena emplazada en la latitud de 43° N



1430-07



APÉNDICE 3

AL ANEXO 1

Determinación de las distancias de coordinación de una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG e interfiere con una estación terrena receptora OSG, aplicando el método del § 5.1

1 Consideraciones generales

En el presente Apéndice se presenta un ejemplo de determinación de la zona de coordinación mediante la aplicación del método del § 5.1, entre una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG e interfiere con una estación terrena receptora OSG en la banda de frecuencias 6 700-7 075 MHz.

2 Parámetros de los sistemas

Los parámetros de los sistemas de la estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG y de la estación terrena receptora OSG se recogen en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Parámetros de la estación terrena transmisora no OSG y parámetros orbitales de los satélites, utilizados para determinar la distancia de coordinación con una estación terrena receptora OSG

<i>Parámetros orbitales de los satélites no OSG:</i>	
Altitud (km)	1 414
Número de satélites	48
Ángulo de inclinación (grados)	52
<i>Tipo de estación terrena no OSG:</i>	
Latitud (grados)	50
Longitud (grados)	0
Ángulo de elevación mínimo de funcionamiento (grados)	10
Diagrama de ganancia de antena	Rec. UIT-R S.465
<i>Estación terrena transmisora no OSG:</i>	
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	50
p.i.r.e./portadora (dBW)	56,5
Anchura de banda de transmisión (kHz)	1 230
<i>Estación terrena receptora OSG:</i>	
Modulación	Digital
Porcentaje de tiempo $p\%$	0,002
M_s (dB)	2
N_L (dB)	1
W (dB)	0
Ganancia de la antena receptora (dB)	42
Anchura de banda de referencia (MHz)	1
T_e (K)	75
$P_r(p)$ (dBW)	-151,2

3 Distancia de coordinación

En la Fig. 9 se muestra la fda complementaria de la ganancia de antena en la dirección del horizonte de la estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG para diferentes valores de acimut. Esta función da el porcentaje de tiempo durante el cual se supera un valor específico de la ganancia. En la Fig. 10 se presenta un ejemplo de ganancias de las antenas transmisora y receptora en la dirección del horizonte calculadas para los mismos acimutes descritos en el § 3.

FIGURA 9

fda complementaria de la ganancia de antena en la dirección del horizonte para los acimutes de 0° , 60° y 180°

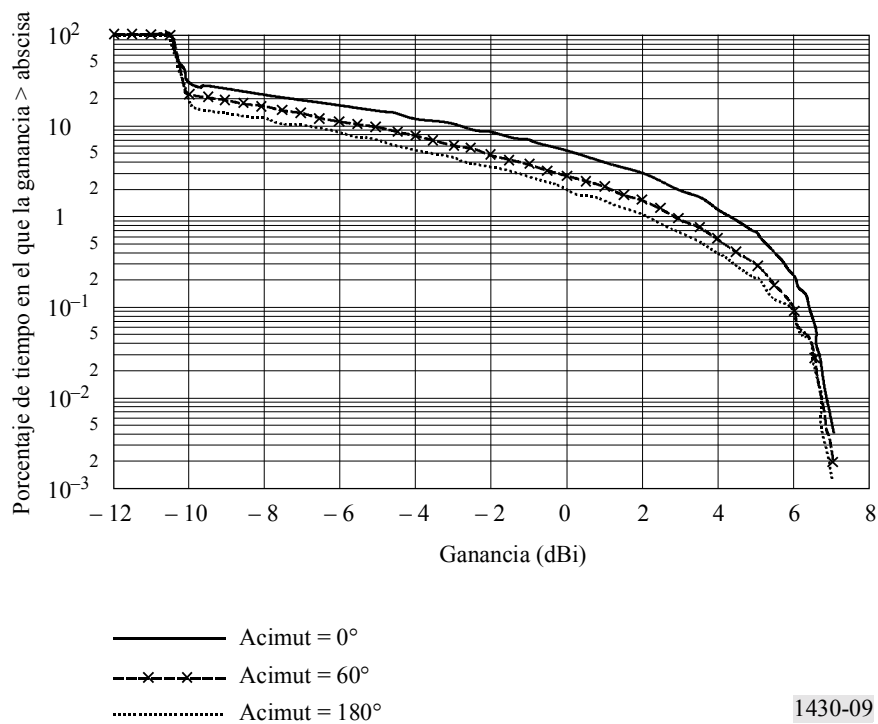
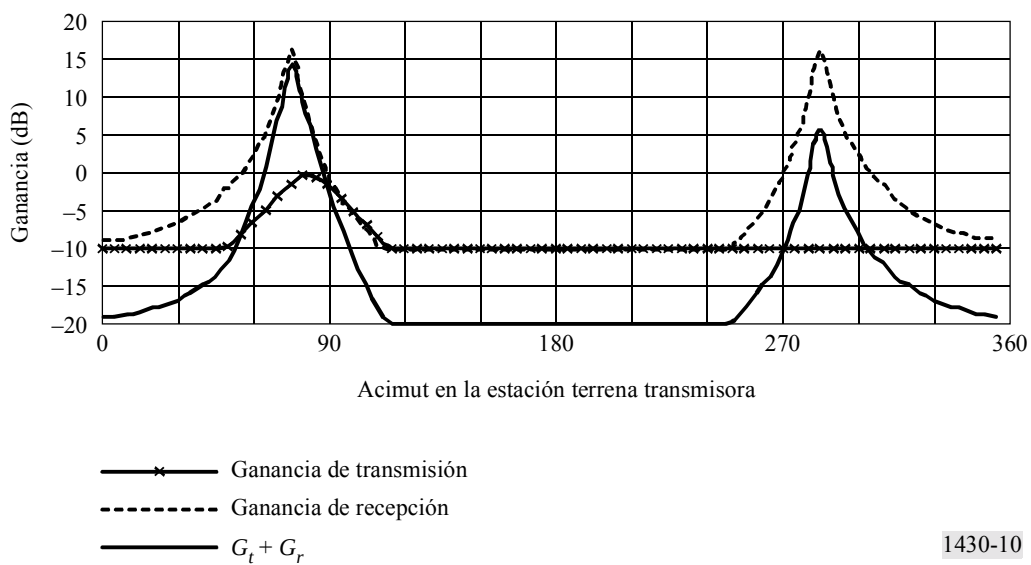


FIGURA 10

Ganancia compuesta en la dirección del horizonte $G_t + G_r$ de las antenas de la estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG y la estación terrena OSG receptora



En el Cuadro 3 se muestra un ejemplo de la determinación de la distancia de coordinación entre la estación terrena transmisora que funciona con la estación espacial no OSG y la estación terrena receptora OSG los parámetros de las cuales se recogen en el Cuadro 2. Las distancias estimadas se representan para un paso incremental de 0,5 dB sobre la gama completa de la ganancia de antena en la dirección del horizonte y para un ángulo de elevación del horizonte de 0°. Los cálculos de la distancia se basan en la metodología descrita en el § 5 y el modelo del modo de propagación de la Recomendación UIT-R P.620. El valor más grande (resaltado en negritas) en la columna d_i (km) del Cuadro 3 se elige como distancia de coordinación en el acimut especificado.

CUADRO 3

Distancia de coordinación de una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG e interfiere con una estación terrena receptora OSG (ángulo de elevación mínimo de funcionamiento = 10° y elevación de acimut = 0°)

Nivel de la ganancia, i	Ganancia de transmisión de la antena G_{ti} (dBi)	fdp de la ganancia	fda de la ganancia	$p' = p/p_i$	Pérdida requerida (dB)	Distancia de coordinación, d_i (km)
1	-10,5	0,709370	1,000000	0,000020	138,3	104,43
2	-10,0	0,016990	0,290630	0,000069	138,8	104,43
3	-9,5	0,016410	0,273640	0,000073	139,3	104,43
4	-9,0	0,015890	0,257230	0,000078	139,8	104,43
5	-8,5	0,015360	0,241340	0,000083	140,3	104,43
6	-8,0	0,014800	0,225980	0,000089	140,8	104,43
7	-7,5	0,014190	0,211180	0,000095	141,3	104,43
8	-7,0	0,013670	0,196990	0,000102	141,8	104,43
9	-6,5	0,013100	0,183320	0,000109	142,3	104,43
10	-6,0	0,012570	0,170220	0,000118	142,8	104,43
11	-5,5	0,012040	0,157650	0,000127	143,3	104,43
12	-5,0	0,011530	0,145610	0,000137	143,8	104,43
13	-4,5	0,011030	0,134080	0,000149	144,3	104,43
14	-4,0	0,010510	0,123050	0,000163	144,8	104,43
15	-3,5	0,009990	0,112540	0,000178	145,3	104,43
16	-3,0	0,009480	0,102550	0,000195	145,8	104,43
17	-2,5	0,008970	0,093070	0,000215	146,3	104,43
18	-2,0	0,008500	0,084100	0,000238	146,8	105,03
19	-1,5	0,007950	0,075600	0,000265	147,3	107,43
20	-1,0	0,007460	0,067650	0,000296	147,8	109,73
21	-0,5	0,007040	0,060190	0,000332	148,3	111,83
22	0,0	0,006540	0,053150	0,000376	148,8	113,73
23	0,5	0,006190	0,046610	0,000429	149,3	115,33
24	1,0	0,005640	0,040420	0,000495	149,8	116,63
25	1,5	0,005330	0,034780	0,000575	150,3	117,63
26	2,0	0,004850	0,029450	0,000679	150,8	118,23
27	2,5	0,004450	0,024600	0,000813	151,3	118,33
28	3,0	0,004060	0,020150	0,000993	151,8	117,83
29	3,5	0,003610	0,016090	0,001243	152,3	116,43
30	4,0	0,003220	0,012480	0,001603	152,8	114,03
31	4,5	0,002830	0,009260	0,002160	153,3	110,13
32	5,0	0,002370	0,006430	0,003110	153,8	104,43
33	5,5	0,001940	0,004060	0,004926	154,3	104,43
34	6,0	0,001440	0,002120	0,009434	154,8	104,43
35	6,5	0,000640	0,000680	0,029412	155,3	104,43
36	7,0	0,000040	0,000040	0,200000	155,8	104,43

En el Cuadro 4 se presenta la distancia estimada para acimutes en la gama de 0° a 180°. Estas distancias estimadas se muestran para un paso incremental de 0,5 dB a lo largo de toda la gama de la ganancia de antena en la dirección del horizonte y para un ángulo de elevación del horizonte de 0°. La distancia de coordinación mínima en este ejemplo es 104,43 km. El valor más elevado de la distancia (resaltado en negritas) representa la distancia de coordinación en el acimut especificado.

CUADRO 4

Distancia de coordinación para diferentes acimutes

Ganancia de antena en la dirección del horizonte de la estación terrena transmisora no OSG (dBi)	Distancia de coordinación d_i (km) según el acimut (grados)						
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
-10,5	104,43	104,43	155,63	131,93	104,43	104,43	104,43
-10,0	104,43	104,43	142,03	117,83	104,43	104,43	104,43
-9,5	104,43	104,43	145,13	120,93	104,43	104,43	104,43
-9,0	104,43	104,43	148,13	124,03	104,43	104,43	104,43
-8,5	104,43	104,43	151,03	127,03	104,43	104,43	104,43
-8,0	104,43	104,43	153,83	129,83	104,43	104,43	104,43
-7,5	104,43	104,43	156,63	132,63	104,43	104,43	104,43
-7,0	104,43	104,43	159,23	135,43	104,43	104,43	104,43
-6,5	104,43	104,43	161,83	138,03	104,43	104,43	104,43
-6,0	104,43	104,43	164,23	140,53	104,43	104,43	104,43
-5,5	104,43	104,43	166,53	142,83	104,43	104,43	104,43
-5,0	104,43	104,43	168,73	145,13	104,43	104,43	104,43
-4,5	104,43	106,73	170,83	147,23	104,43	104,43	104,43
-4,0	104,43	109,43	172,73	149,23	104,43	104,43	104,43
-3,5	104,43	112,03	174,53	151,13	104,43	104,43	104,43
-3,0	104,43	114,53	176,13	152,73	104,43	104,43	104,43
-2,5	104,43	116,83	177,63	154,23	104,43	104,43	104,43
-2,0	105,03	119,03	178,83	155,53	104,43	104,43	104,43
-1,5	107,43	121,03	179,83	156,63	104,43	104,43	104,43
-1,0	109,73	122,83	180,63	157,43	104,43	104,43	104,43
-0,5	111,83	124,43	181,23	158,03	104,43	104,43	104,43
0,0	113,73	125,73	181,43	158,23	104,43	104,43	104,43
0,5	115,33	126,83	181,33	158,13	104,43	104,43	104,43
1,0	116,63	127,53	180,73	157,53	104,43	104,43	104,43
1,5	117,63	127,83	179,73	156,53	104,43	104,43	104,43
2,0	118,23	127,73	178,13	154,83	104,43	104,43	104,43
2,5	118,33	127,03	175,83	152,53	104,43	104,43	104,43
3,0	117,83	125,53	172,53	149,23	104,43	104,43	104,43
3,5	116,43	123,13	168,13	144,73	104,43	104,43	104,43
4,0	114,03	119,53	162,13	138,63	104,43	104,43	104,43
4,5	110,13	114,13	153,93	130,33	104,43	104,43	104,43
5,0	104,43	106,13	142,03	118,33	104,43	104,43	104,43
5,5	104,43	104,43	124,43	104,43	104,43	104,43	104,43
6,0	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43
6,5	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43
7,0	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43	104,43

En el Cuadro 5 se presentan los valores de la distancia de coordinación para la gama de acimutes de 0° a 360°. En la Fig. 11 se representa el contorno de coordinación constituido por las distancias de coordinación del Cuadro 5.

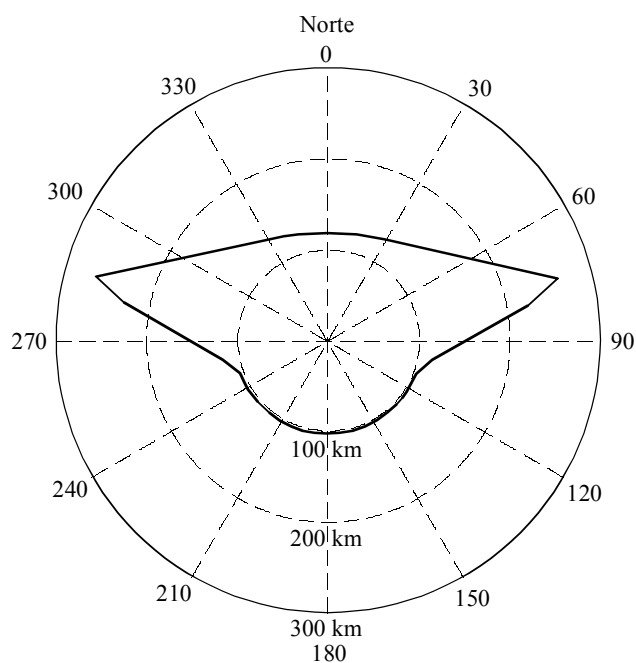
CUADRO 5

Distancias de coordinación de una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG e interfiere con una estación terrena receptora OSG

Acimut (grados)	Distancia de coordinación (km)	Acimut (grados)	Distancia de coordinación (km)
0	118,33	180	104,43
10	119,03	190	104,43
20	121,93	200	104,43
30	127,83	210	104,43
40	138,13	220	104,43
50	154,73	230	104,43
60	181,43	240	104,43
70	229,33	250	104,43
80	228,03	260	119,83
90	158,23	270	158,23
100	119,93	280	228,03
110	104,43	290	229,33
120	104,43	300	181,33
130	104,43	310	154,73
140	104,43	320	138,13
150	104,43	330	127,93
160	104,43	340	121,93
170	104,43	350	119,03
180	104,43	360	118,33

FIGURA 11

Contorno de coordinación de una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no OSG e interfiere con una estación terrena receptora OSG aplicando el método expuesto en el § 5.1



1430-11