

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.740\*

**Métodos de coordinación técnica para redes del servicio fijo por satélite**

(1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que durante la fase de planificación de una red de satélite es necesario calcular los niveles de interferencia potencial entre las redes planificadas y las existentes;
- b) que los métodos para determinar la necesidad de coordinación de las redes de satélite se exponen en el Apéndice S8 al Reglamento de Radiocomunicaciones y en las Recomendaciones UIT-R S.738 y UIT-R S.739;
- c) que una vez reconocida la necesidad de coordinación, sería necesario hacer una evaluación técnica del potencial de interferencia entre redes de satélite;
- d) que el UIT-R ha examinado diversos planteamientos de la gestión de la órbita de satélites geoestacionarios;
- e) que el planteamiento utilizado en el proceso detallado de coordinación técnica se deja a criterio de las administraciones concernidas;
- f) que si la interferencia potencial sobrepasa el criterio admisible, las administraciones concernidas deben convenir las condiciones de la explotación de sus respectivas redes;
- g) que las Recomendaciones UIT-R S.466, UIT-R S.671, UIT-R S.483, UIT-R S.523 y UIT-R S.735 especifican niveles de interferencia admisibles entre las redes del servicio fijo por satélite;
- h) que en ciertos casos puede haber necesidad de coordinación multilateral,

*recomienda*

**1** que al emprender la coordinación detallada de las redes del servicio fijo por satélite, pueden utilizarse las técnicas enumeradas a continuación y descritas en el Anexo 1, por acuerdo entre las administraciones concernidas, a falta de otro planteamiento mutuamente convenido:

- técnica de la potencia de la portadora;
- técnica de promediación de la densidad de potencia en la anchura de banda;
- técnica del aislamiento,

**2** que la Nota 1 forma parte de la presente Recomendación:

NOTA 1 – Los Anexos 2, 3 y 4 contienen los métodos para los cálculos detallados con las técnicas anteriores.

---

\* La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44 (AR-2000).

## ANEXO 1

**Métodos de coordinación técnica para las redes del servicio fijo por satélite****1 Enfoque general**

A los efectos del presente Anexo, se denomina red A a la que desea acceder a la órbita. Se da por supuesto que los cálculos de  $\Delta T$  basados en la información requerida con arreglo al Apéndice S4 del Reglamento de Radiocomunicaciones y publicada por la Oficina de Radiocomunicaciones en los casos de las redes registradas (por red registrada se entiende aquella cuyas asignaciones figuran en el Registro de la Oficina de Radiocomunicaciones), de las redes no registradas todavía pero ya coordinadas y de las redes que se hallan en curso de coordinación, han determinado la necesidad de proceder a una coordinación con las redes B, C, D, etc., que pueden estar en cualquiera de estas categorías. Todos esos sistemas gozan de prioridad respecto de la red A del solicitante.

**2 Proceso de coordinación**

A efectos de su análisis, es posible dividir el proceso de coordinación en tres fases.

La primera comprende la inspección de las transmisiones actuales o proyectadas de las redes en cuestión y una evaluación de su interacción respecto de los criterios «normales» de interferencia.

La segunda fase del proceso consiste en una investigación de los cambios potenciales de aquellos elementos del plan de transmisión (características de transmisión, planes de frecuencias), o posiciones orbitales que podrían llevar a una solución de cualquiera de los problemas de interferencia identificados en la fase 1. Generalmente la administración solicitante tenderá a ser más flexible ante estos cambios en su red que la administración que explota un sistema existente; pese a ello, no ha de preverse en esta fase 2 que ninguna de esas redes contemple aceptar limitaciones considerables en su modo actual o previsto de explotación ni en tipo, distribución y calidad del servicio. Mediante un examen pormenorizado de todos los parámetros técnicos y de explotación, debería ser posible que en esta fase se resolviesen situaciones de interferencia específicas y aparentemente de cierta importancia.

De haber necesidad de una tercera fase, ésta consistiría en el examen y negociación de las modificaciones o ajustes de sistema en el caso de una u otra red, o de ambas. Tales cambios pueden incidir en la calidad y tipo de servicio, así como en las posibilidades de crecimiento futuro de una u otra red, o de ambas.

Al afrontar la solución de las condiciones de interferencia debe tenerse presente que toda solución específica concebida para las dos redes en cuestión puede crear o agravar problemas con otras redes; ello puede revestir particular importancia tratándose de ubicaciones de estaciones espaciales.

**3 Consideraciones técnicas**

En el proceso de coordinación hay fundamentalmente dos facetas iniciales:

- acuerdo sobre los criterios de interferencia aceptable; y
- acuerdo sobre los cálculos de la interferencia.

Para los criterios de interferencia pueden usarse las Recomendaciones UIT-R, pero también pueden seguirse otros criterios de aceptación mutua. Los cálculos implican generalmente trasladar los criterios de salida del receptor a los criterios a la entrada en radio frecuencia (RF) y la consideración de los parámetros de interferencia de enlace en RF. Puesto que muchos de los parámetros sujetos a modificación están asociados al ámbito de RF, puede ser conveniente clasificar las formas de aproximación de este ámbito, esto es, basándose en criterios en RF.

### 3.1 Ámbitos de interferencia

Una primera fase en el proceso de coordinación es la identificación de los ámbitos de interferencia. Se debe identificar cada banda o segmento de banda comunes a ambas redes, para cada haz de satélite en los dos segmentos espaciales. Dentro de cada una de tales bandas o segmentos de bandas, se identifican aquellas porciones en las que permanecen constantes las sensibilidades de recepción ( $G/T$ ) de la estación espacial y de la estación terrena y las densidades de p.i.r.e. de la estación espacial y de la estación terrena, en cualquiera de las redes.

Este proceso permite determinar todos los dominios de interferencia. Ciertas partes del espectro pueden aparecer varias veces, debido a la reutilización de las frecuencias dentro de la red de satélite. Cuando las frecuencias de los enlaces ascendente y descendente, o los haces del satélite, o ambos pueden agruparse por pares de varias formas (conmutación de la conectividad de los haces en una estación espacial), deben considerarse todas las posibles configuraciones operacionales. Además, el número de ámbitos estará limitado normalmente, al menos pueden, en las estaciones espaciales convencionales, por la disposición de transpondedor de las estaciones espaciales y pueden, en las estaciones espaciales simples, albergar varios o todos los transpondedores. Cuando dos estaciones espaciales tienen haces de antena de satélite únicos (esto es, coincidencia en la cobertura de los haces transmisor y receptor) y todos sus transpondedores tienen características uniformes sobre la banda de frecuencias comunes, habrá únicamente un ámbito de interferencia.

### 3.2 Métodos de coordinación

La selección de los métodos utilizados para la coordinación se determina mediante acuerdo entre las administraciones participantes. Las características de las redes afectadas y la posible gravedad de la interferencia influirán en la elección del método que ha de utilizarse para la coordinación.

La coordinación de la interferencia puede lograrse, en la práctica, mediante diversas técnicas. Cabe mencionar las siguientes:

- la comparación de las características de la *potencia total de la portadora* de las transmisiones con criterios de potencia interferente recibida admisible;
- la comparación de las características de *densidad de potencia* de las transmisiones con criterios de *densidad de potencia* interferente recibida admisible;
- la comparación de *aislamiento* disponible entre redes (pérdida de acoplamiento normalizada entre redes) con criterios de *aislamiento* necesario entre transmisiones (relación normalizada «portadora deseada/portadora interferente»).

En el primer caso, los criterios RF pueden expresarse como  $I/N$  o  $C/I$  y para el segundo caso, como  $I_0/N_0$  o  $C_0/I_0$ , donde  $I$  es la potencia interferente,  $N$  es la potencia de ruido interno del enlace y  $C$  la potencia de la portadora deseada; el subíndice «0» indica «potencia/Hz», promediada en un ancho de banda de referencia. En el tercer caso, los criterios de interferencia se expresan en términos de relación  $C/I$  necesaria entre dos transmisiones, normalizada con respecto a las relaciones «potencia de la portadora/densidad de ruido»,  $C/N_0$ , características de los requisitos de calidad de ambas transmisiones.

### 3.2.1 Técnica de la potencia de la portadora

Esta técnica es principalmente aplicable a los casos siguientes:

- en bandas de frecuencias en las que las redes de satélite están bien desarrolladas y en las que la población (número de satélites) es relativamente elevada;
- para modulaciones que están bien definidas y pueden ser de cualquier tipo: de un solo canal por portadora (SCPC), analógicas, digitales, TV-MF, etc.;
- en bandas de frecuencias en las que este método se ha utilizado ampliamente.

La información preceptiva requerida por el Apéndice S4 del Reglamento de Radiocomunicaciones no es suficiente para servir como base para la coordinación con un método *I/N* o *C/I*. Es necesario que la administración solicitante remita más información detallada de su red. Es también preciso que otras administraciones que exploten redes con las cuales se ha establecido la necesidad de coordinación, suministren más información detallada. Efectuar la coordinación con los métodos *I/N* o *C/I* requiere un intercambio total de los datos del Apéndice S4, incluyendo la señalada con superíndices, para cada tipo de portadora, cada tipo de estación terrena y cada haz de antena de satélite, dentro de todas las bandas o segmentos de banda comunes a ambas redes; y en caso de existir, los planes de frecuencia individuales. Puesto que esta información es adecuada para el método *C/I*, parecería deseable proceder con este método, puesto que suministra una estimación más exacta de la interferencia.

Primero deben identificarse los ámbitos de la interferencia. En cada uno de éstos es necesario identificar los tipos de portadoras que se usan en transmisión o se han planeado utilizar en ambas redes. Si se desconocen los planes de frecuencias debe suponerse la combinación más desfavorable de interferencias entre las portadoras de ambas redes. En la mayor parte de los casos ello correspondería a una coincidencia de la frecuencia de esas portadoras. El análisis de interferencia se simplifica cuando se conocen los planes de frecuencias o cuando únicamente es posible una disposición de las transmisiones en las dos redes, dentro de un ámbito de interferencia dado.

En cada ámbito, se calcula la interferencia procedente de cada tipo de transmisión de una red, en cada tipo de transmisión de la otra, para las asignaciones de frecuencias coincidentes (o, donde sea factible, para las asignaciones reales o planeadas de frecuencias) en cada sentido (esto es, de la red A a la red B y viceversa). Cada emisión interferente se supone que se origina en la estación terrena transmisora que utilice o se espera que utilice la antena de más baja ganancia (esto es, la que tenga la más alta p.i.r.e. fuera del eje). Cuando la transmisión interferente ocupe un ancho de banda mucho menor que el de la transmisión interferida, debe suponerse que las transmisiones del tipo interferente ocupan, a intervalos apropiados, enteramente la banda ocupada por la transmisión interferida.

A continuación es necesario comparar los valores resultantes calculados de la *C/I* con los valores mutuamente aceptables de la interferencia de una sola fuente. Se habrá efectuado una coordinación satisfactoria, cuando estos círculos demuestren que se obtienen valores aceptables de *C/I* en todos los casos.

Si los criterios de interferencia no se satisfacen en uno o más casos, éstos deben considerarse individualmente. Cuando los criterios se exceden sólo ligeramente, se admite que esos niveles de interferencia son tolerables por ambas redes. Concretamente, la administración solicitante puede decidir que, aunque rebase ligeramente el o los valores definidos en los criterios, la interferencia causada a su red es aceptable y, si no existe otra faceta de desacuerdo, podría considerarse inmediatamente la coordinación como satisfactoria. De otra manera, puede ser necesario contemplar diversas medidas con objetos de alcanzar los criterios mutuamente aceptables.

El Anexo 2 proporciona el método para calcular la relación *C/I* en las redes por satélites geoestacionarios.

### 3.2.2 Técnica de la densidad de potencia

Esta técnica puede ser aplicable principalmente a los casos siguientes:

- en bandas de frecuencia en las que las redes de satélite están en las etapas iniciales de desarrollo y en las que la población de satélites es reducida;
- para modulaciones que tienen una densidad espectral de potencia casi uniforme; por ejemplo, modulaciones digitales;
- cuando los cálculos iniciales de  $\Delta T/T$  presentan valores que son aceptables para cada administración; éste puede ser el caso de algunos dominios comunes entre las redes;
- cuando hay un grado considerable de flexibilidad en una o en ambas redes, de modo que puedan modificarse los valores de la densidad de potencia.

Con este método puede hacerse la evaluación inicial de interferencia empleando los datos preceptivos del Apéndice S4 para cada uno de los ámbitos de interferencia. Esta evaluación inicial, puede identificar los ámbitos particulares en los que la interferencia potencial sea más severa y también identificar si la interferencia en el enlace ascendente o en el enlace descendente es la dominante. Cada usuario podría utilizar, basándose en sus modulaciones de portadora, los valores de  $I_0/N_0$  aceptables para él.

Es posible que los cálculos pudieran dar como resultado unos valores de  $I_0/N_0$  mutuamente aceptables, en cuyo caso puede alcanzarse una coordinación satisfactoria. Si los valores  $I_0/N_0$  no son aceptables, entonces deben efectuarse otros cálculos. Si la interferencia en el enlace ascendente es la fuente dominante, se pueden realizar modificaciones en las densidades de potencia del enlace ascendente y en las ganancias de transmisión, para reducir la interferencia mutua. Adicionalmente, puede hacerse una reordenación de los accesos a los segmentos de la banda; esto es, una modificación de los ámbitos de interferencia mutua.

Puede utilizarse la densidad media de potencia de un transpondedor para determinar la mínima separación posible entre satélites que pueda constituir una medida eficaz de la separación entre satélites alcanzable en el proceso de coordinación. Dado que la potencia de un transpondedor es limitada, la densidad de potencia promediada en la anchura de banda del transpondedor es también limitada. Utilizando esta densidad de potencia media, puede determinarse una separación entre satélites correspondiente a un criterio de interferencia dado, teniendo en cuenta las inhomogeneidades previstas del tráfico en la coordinación detallada entre las redes. Puede utilizarse esta separación entre satélites en el proceso de coordinación como base para determinar las separaciones entre satélites alcanzables. Si en una parte de la banda del transpondedor existen densidades de potencia superiores a esta densidad de potencia media, también existirán en otras partes de la banda del transpondedor densidades de potencia inferiores a la media; esta es una condición que puede utilizarse en el proceso de coordinación.

También puede resultar adecuada la utilización de anchuras de banda medias, o de referencia, acordes con las portadoras utilizadas, en vez de las anchuras de banda de referencia de 4 kHz y 1 MHz del Reglamento de Radiocomunicaciones. Esto producirá generalmente valores de  $I_0/N_0$  inferiores y facilitará el procedimiento de coordinación, sobre todo en caso de antagonismos entre portadoras de banda estrecha de un satélite y portadoras de banda ancha de otro satélite. En este caso, puede utilizarse una separación entre satélites basada en criterios de interferencia de portadora de banda estrecha para obtener criterios de interferencia admisibles para las portadoras de banda ancha y evitar así la planificación detallada de las frecuencias portadoras. La interferencia de las portadoras de banda ancha en las portadoras de banda estrecha será relativamente uniforme si la densidad de potencia de las primeras es relativamente uniforme.

Las técnicas descritas han establecido el fundamento de un método basado en la «densidad de potencia/promedio de anchura de banda» para determinar la interferencia entre redes de satélite. El

método consiste en obtener un número suficiente de datos de densidad de potencia promediada en la anchura de banda, de forma que para cualquier ancho de banda de interés pueda aproximarse razonablemente la interferencia usando las técnicas descritas en el Apéndice S8 del Reglamento de Radiocomunicaciones. Este método puede utilizarse también para determinar la necesidad de coordinación. En el Anexo 3 se describen los detalles de dicho método.

En los casos en que las portadoras de banda ancha presentan densidades de potencia altas en pequeñas porciones de la banda de un transpondedor (TV-MF analógica o MDF-MF de alta densidad y bajo índice), puede obtenerse una separación mínima entre satélites si las portadoras de banda estrecha evitan las regiones de alta densidad de potencia. En esta situación, puede lograrse una mejor utilización del espectro si no se utiliza un serial triangular de dispersión de energía en las portadoras de banda ancha. No obstante, pueden existir otros factores que justificarían la utilización de una dispersión mínima de energía, por ejemplo en consideración de los sistemas existentes y para proteger los sistemas de radioenlaces terrenales.

El método de coordinación  $C_0/I_0$  es, esencialmente, una extensión del método  $I_0/N_0$ . Con este método, se identifica un parámetro adicional, la densidad de potencia mínima en la red. Sucede que pueden hallarse valores de  $C_0/I_0$  aceptables mutuamente, aunque no se encuentren valores de  $I_0/N_0$  aceptables. Este método permite tener en cuenta la compensación de potencia en los transpondedores; esto es, las potencias mayores pueden asignarse a las transmisiones que son objeto de mayor interferencia y las potencias menores a aquéllas con las menores interferencias, eliminando o moderando así la severidad individual de la interferencia. La compensación de potencia sería una medida de explotación. Este método  $C_0/I_0$  requiere ulterior estudio y aclaración.

### 3.2.3 Técnicas de aislamiento

El concepto de aislamiento convencional y el del aislamiento del enlace examinados en el Anexo 4 ofrecen otro método de coordinación que no necesita la utilización de potencias transmisoras, densidades de potencia y potencias de ruido.

#### 3.2.3.1 Método del aislamiento convencional

En el método de aislamiento convencional se compara el aislamiento disponible entre redes (una medida del acoplamiento electromagnético entre dos redes) con el aislamiento necesario entre dos transmisiones mutuamente interferentes.

El aislamiento necesario es una medida relativamente precisa de la «incompatibilidad» por interferencia de dos transmisiones; cuanto más alto es el valor de aislamiento necesario, mayor es la incompatibilidad. Se expresa a través de la relación potencia deseada/potencia interferente admisible entre dos transmisiones y sus respectivos requisitos de calidad (bajo la forma de las relaciones totales del enlace portadora/densidad de ruido,  $C/N_0$ , necesaria de cada transmisión).

Para aplicar el concepto de aislamiento hay que identificar los ámbitos de aislamiento y determinar en cada uno de ellos el aislamiento disponible. Un ámbito de aislamiento está determinado por las características de radiación de las antenas terrena y espacial de dos redes cualesquiera, las temperaturas de ruido de los sistemas receptores y las ganancias de transmisión de los enlaces.

En cada ámbito se identifican las combinaciones de portadoras interferentes. A partir de tablas o de gráficos se obtiene el aislamiento necesario entre dos portadoras específicas cualesquiera y se compara con el aislamiento disponible en el ámbito adecuado. Una combinación de portadoras cuyo aislamiento necesario sobrepase el aislamiento disponible en el ámbito pertinente requiere la coordinación de estas portadoras entre sí.

La diferencia entre el aislamiento necesario y el disponible es una medida cuantitativa de la gravedad de la incompatibilidad; su magnitud es una guía útil para las medidas que deben tomarse con el fin de lograr la compatibilidad.

### 3.2.3.2 Método del aislamiento del enlace

En este método se compara también el aislamiento disponible en el enlace con el aislamiento necesario de la portadora para determinar la necesidad de coordinación. Cuando el valor del aislamiento disponible del enlace es menor que el aislamiento necesario de la portadora, es necesario establecer una coordinación detallada.

Según este enfoque, se determina el aislamiento disponible en el enlace basándose en la información relativa a los «back-off» (reducción respecto a saturación) de entrada y de salida del transpondedor, la p.i.r.e. del satélite y la densidad de flujo de saturación, junto a los parámetros principales de diseño del enlace. No es necesario acudir al detalle de los parámetros de la portadora como en el método del aislamiento convencional.

Los aislamientos necesarios de la portadora se expresan en términos de relaciones de potencia señal deseada/no deseada para el caso de interferencia de una sola fuente entre dos transmisiones, y de sus respectivas relaciones de portadora/densidad de ruido en el enlace descendente.

## 4 Coordinación multilateral

Pese a que lo habitual es que el proceso de coordinación se lleve a cabo sobre una base bilateral, también es posible llevarlo a cabo sobre una base multilateral. Este género de coordinación podría ser el más expeditivo cuando abarca redes de satélites de más de dos administraciones. Los métodos y técnicas generales que se describen en la presente Recomendación y que podrían emplearse en el curso de la coordinación resultan igualmente aplicables a los procesos de carácter bilateral y multilateral. Se han concebido otros conceptos y métodos más específicos.

## ANEXO 2

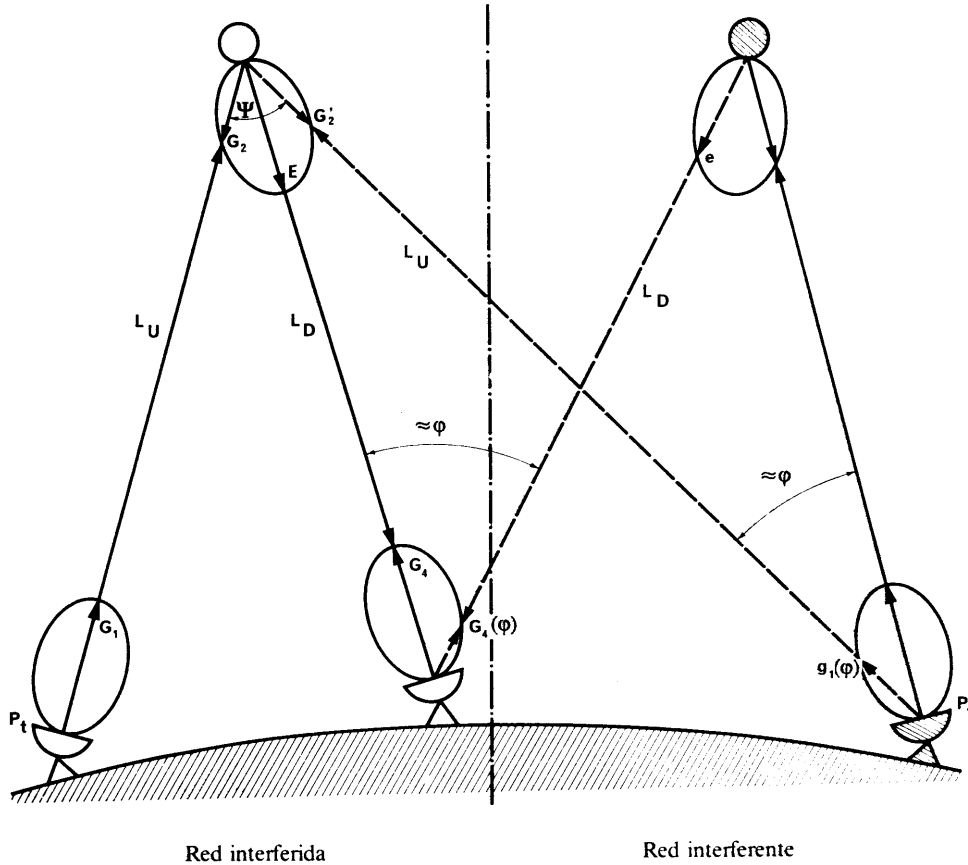
### Método de cálculo de las relaciones portadora/interferencia en las redes del servicio fijo por satélite

#### 1 Método

En las Figs. 1a y 1b se han representado los trayectos de interferencia entre dos redes por satélite. La determinación del valor mínimo de los ángulos de separación topocéntrica entre satélites (vistos desde un punto de la Tierra), debe hacerse, teniendo en cuenta el valor nominal del ángulo de separación geocéntrico del satélite, las incertidumbres en la posición del satélite (longitud de los nodos orbitales e inclinaciones de las órbitas) y las ubicaciones geográficas de las estaciones terrenas. El empleo de la separación angular geocéntrica,  $\phi$ , en lugar de la separación angular topocéntrica simplifica los cálculos y está justificado por el hecho de que los dos ángulos son casi iguales. Además, como la separación angular topocéntrica es siempre mayor que la separación angular geocéntrica, los cálculos basados en esta última dan resultados más prudentes.

FIGURA 1a

**Geometría de las interferencias entre dos redes por satélite, caso I – Enlace ascendente de la red deseada que comparte frecuencias con el enlace ascendente de la red interferente**



$$G_2 - G_2' = \Delta G_2(\psi)$$

- Trayectos de las señales deseadas
- - - - - Trayectos de las señales interferentes

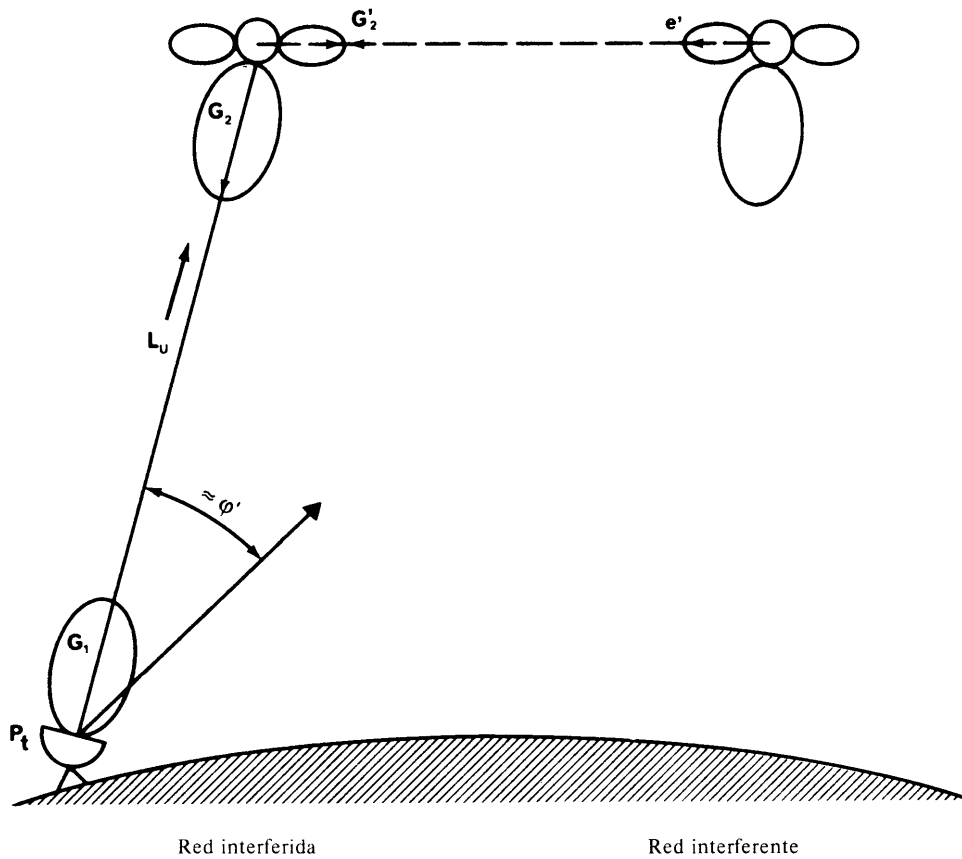
0740-01a

Los satélites de radiocomunicación requieren asignaciones de frecuencia en dos bandas, una para el trayecto ascendente y la otra para el trayecto descendente. Es práctica común el asociar las bandas de frecuencias por parejas, utilizándose una de cada pareja para el enlace ascendente y la otra para el enlace descendente. El caso I, a continuación, describe las posibilidades de interferencia entre dos redes a las que se han asignado bandas de frecuencia en esta forma; de este modo, la interferencia procedente de un enlace ascendente, afecta al enlace ascendente deseado, y la interferencia procedente de un enlace descendente afecta al enlace descendente deseado. Sin embargo, algunas redes podrían utilizar bandas de frecuencias en el sentido inverso, siendo la banda del enlace ascendente para una red la misma que la del enlace descendente para la red que utiliza un satélite adyacente; en tales circunstancias la interferencia procedente de un enlace ascendente afecta al enlace descendente deseado, y la interferencia procedente de un enlace descendente afecta al enlace ascendente deseado; éste es el caso II.



FIGURA 1b

Geometría de la interferencia entre dos redes por satélite, caso II – Enlace ascendente de la red deseada que comparte frecuencias con el enlace descendente de la red interferente



$$G_2 - G'_2 = \Delta G'_2$$

— Trayecto de la señal deseada  
 - - - - - Trayecto de la señal interferente

0740-01b

### 1.1 Caso I

Se supone que para establecer las relaciones portadora deseada/portadora interferente en los enlaces ascendente y descendente rigen las siguientes condiciones de propagación:

- debido a los efectos de la propagación y de las precipitaciones locales, habrá fluctuaciones en las señales deseadas e interferentes transmitidas por estaciones terrenas ubicadas en distintos puntos de la superficie de la Tierra. Al calcular el valor medio de la interferencia, debe darse un margen a la ecuación correspondiente al enlace ascendente, a menos que las p.i.r.e. de las estaciones terrenas se regulen de manera que los niveles de potencia recibidos por los satélites sean siempre los mismos;
- en el enlace descendente, la relación «nivel de la señal deseada/nivel de la señal interferente» no varía con el tiempo. Las interferencias bastante intensas como para producir efectos apreciables, son las causadas por otros satélites próximos a la red deseada por resultar insuficiente la discriminación debida a la directividad de la antena de la estación terrena para separar las señales deseadas e interferentes. De aquí que se atenuarán en la misma medida las señales deseadas y las interferentes cuando varíen las condiciones de propagación, puesto que

viajarán a través de las mismas zonas perturbadas. Por consiguiente, la fluctuación que aparezca en la señal deseada recibida, no tendrá efectos apreciables en el nivel de interferencia de la banda de base, por lo que no se necesita ningún margen para el enlace descendente.

Hay que resolver las dos ecuaciones siguientes:

$$(C/I)_U = P_t + G_1 - \Delta L_U - M_U - p_t - g_1(\varphi) + \Delta G_2 + Y_U \quad \text{dB} \quad (1)$$

y

$$(C/I)_D = E + G_4 - \Delta L_D - e - G_4(\varphi) + Y_D \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

- $(C/I)_{U, D}$ : relación portadora deseada/portadora interferente en los enlaces ascendente y descendente respectivamente (dB)
- $P_t, p_t$ : potencias de transmisión de la portadora deseada y de la portadora interferente aplicadas a las antenas de las correspondientes estaciones terrenas (dBW)
- $G_1, G_4$ : ganancias de transmisión y de recepción de las antenas de la estación o de las estaciones terrenas (dB)
- $\Delta L_U$ : diferencia de pérdida en los enlaces ascendentes hacia el satélite deseado, desde las dos estaciones terrenas,  
 $\Delta L = L_{deseada} - L_{interferente} \quad \text{dB}$
- $\Delta L_D$ : diferencia de pérdida en los enlaces descendentes hacia la estación terrena deseada desde los satélites;  $\Delta L$  igual que en la definición anterior (dB)
- $M_U$ : margen para el enlace ascendente en la red deseada (dB)
- $g_1(\varphi)$ : ganancia de antena en la estación terrena interferente en dirección del satélite deseado (dB)
- $\varphi$ : separación angular geocéntrica mínima de los satélites vista desde la estación terrena interferente
- $\Delta G_2$ : diferencia entre las ganancias de antena (recepción) del satélite deseado en la dirección de las estaciones terrenas,  
 $\Delta G_2 = G_{2deseada} - G_{2interferente} \quad \text{dB}$
- $Y_U$ : discriminación mínima por polarización entre la portadora interferente en el enlace ascendente y la antena receptora del satélite deseado (dB)
- $Y_D$ : discriminación mínima por polarización entre la portadora interferente en el enlace descendente y la antena receptora de la estación terrena deseada (dB)
- $E, e$ : p.i.r.e. de la portadora deseada y de la portadora interferente en la dirección de la estación terrena deseada (dBW)
- $G_4(\varphi)$ : ganancia de antena en la estación terrena deseada en dirección del satélite interferente (dB).

*Notas relativas a algunos de los factores de las ecuaciones anteriores:*

- Las potencias y ganancias de antena correspondientes a la red deseada se indican con letras mayúsculas, y las correspondientes al sistema interferente, con letras minúsculas. Los subíndices que acompañan a las ganancias de las distintas antenas corresponden al trayecto seguido por la señal, por ejemplo: 1 = transmisión desde la estación terrena; 2 = recepción en el satélite; 3 = transmisión desde el satélite; 4 = recepción en la estación terrena.
- Las ganancias de antena  $g_1(\varphi)$  y  $G_4(\varphi)$  conviene calcularlas utilizando los diagramas de radiación medidos de las antenas de la estación terrena; sin embargo, en los cálculos preliminares se puede emplear el diagrama de radiación generalizado de una antena de una estación terrena, que se da en la Recomendación UIT-R S.465.

- Para cálculos muy precisos se pueden utilizar los ángulos topocéntricos en las expresiones de  $g_1$  y  $G_4$ .
- De ser posible, se computarán los términos  $\Delta G_2$ ,  $E$  y  $e$  utilizando diagramas medidos de antena de satélite. Las variaciones de la geometría del trayecto con el tiempo pueden influir en estos términos; pero es probable que aquéllas sean pequeñas, y generalmente podrán despreciarse.
- Si no se conocen las polarizaciones de las antenas de los satélites, hay que suponer que son idénticas, en cuyo caso deben hacerse iguales a 0 dB los factores  $Y_U$  e  $Y_D$ . La cuestión de la discriminación por polarización se discute en el Volumen IV del ex CCIR.

## 1.2 Caso II

Cuando la frecuencia asignada al enlace ascendente de una red deseada sea la misma que la asignada al enlace descendente de una red interferente, se obtiene una buena aproximación de la relación portadora deseada/portadora interferente para el enlace ascendente de la red deseada mediante:

$$(C/I)'_U = P_t + G_1 - M_U + \Delta G'_2 - e' + Y' + 20 \log \phi' - 35,2 \quad \text{dB} \quad (3)$$

donde (además de las anteriores definiciones):

$\Delta G'_2$ : diferencia entre la ganancia de la antena receptora del satélite deseado, en la dirección de la estación terrena transmisora deseada, y la ganancia de esta misma antena en la dirección del satélite interferente

$$\Delta G'_2 = G_{2 \text{ deseada}} - G_{2 \text{ interferente}} \quad \text{dB}$$

$e'$ : p.i.r.e. de la portadora interferente del satélite en la dirección del satélite deseado (dBW)

$Y'$ : discriminación por polarización mínima entre la portadora del satélite interferente y la antena receptora del satélite deseado (dB)

$\phi'$ : separación angular mínima geocéntrica de los satélites, vista desde la estación terrena deseada (grados).

Los cálculos de la interferencia desde un enlace ascendente no deseado a un enlace descendente deseado, es decir, desde el transmisor de una estación terrena al receptor de la estación terrena deseada, deberán basarse en las técnicas expuestas en el Volumen IV/IX del ex CCIR – Parte 2. No obstante, debe ser posible reducir esta interferencia hasta un nivel despreciable, eligiendo cuidadosamente la ubicación de las estaciones terrenas.

## 1.3 Relación entre las portadoras deseada e interferente del enlace

- Para el caso I, la relación global entre las portadoras deseada e interferente se obtiene mediante la combinación de los resultados de las ecuaciones (1) y (2) utilizando la fórmula:

$$C/I = -10 \log \left[ 10^{-\frac{(C/I)_U}{10}} + 10^{-\frac{(C/I)_D}{10}} \right] \quad \text{dB} \quad (4)$$

- Para el caso II, la relación entre las portadoras deseada e interferente\* se obtiene directamente de la ecuación (3).

---

\* Debe estudiarse por separado la interferencia entre estaciones terrenas, ya que son distintas las condiciones de propagación y los criterios que se aplican.

## 2 Algoritmo general

El procedimiento de cálculo de las diversas relaciones portadora/interferencia entre dos redes del servicio fijo por satélite, para determinada serie de parámetros, comprende las siguientes operaciones:

- 2.1 designar el satélite «deseado» y el satélite «interferente»;
- 2.2 elegir los parámetros necesarios para resolver las ecuaciones (1), (2) ó (3) para una de las posibles fuentes de interferencia y designar los parámetros de acuerdo con el § 2.1;
- 2.3 resolver las ecuaciones (1), (2) ó (3), para la serie de parámetros elegidos;
- 2.4 determinar la relación portadora deseada/portadora interferente de la red, de conformidad con el § 1.3 de este Anexo, según los casos;
- 2.5 sirviéndose de los resultados obtenidos de acuerdo con el § 2.4 y de los datos relativos a la modulación y a la separación de las portadoras estudiadas, determinar, de acuerdo con la Recomendación UIT-R S.741, la potencia de ruido de la interferencia causada a la portadora deseada;
- 2.6 invertir, si procede, las designaciones del satélite «deseado» y satélite «interferente» y repetir las operaciones anteriores;
- 2.7 repetir las operaciones anteriores para todas las combinaciones de portadoras y estaciones terrenas que puedan dar lugar a interferencias mutuas en las dos redes.

NOTA 1 – En algunos casos, una determinada portadora puede ser interferida por más de una portadora interferente. En tales casos es lícito sumar, en potencia, las contribuciones de ruido debido a las interferencias.

## ANEXO 3

### **Método de la densidad de potencia promediada en la anchura de banda para determinar la interferencia entre redes por satélite\***

#### 1 Introducción

Al calcular la interferencia entre redes por satélite, pueden suponerse tres niveles, según el nivel de detalle, a saber:

- a) los cálculos iniciales de  $\Delta T/T$  con arreglo al Apéndice S8 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y los datos del Apéndice S4;

---

\* Este método puede aplicarse para determinar la necesidad de coordinación y puede continuar utilizándose en la coordinación real. En el caso de determinación de la necesidad de coordinación, se utilizaría como umbral una relación  $\Delta T/T$  basada en la mínima anchura de banda interferida con portadora de interés, y no en la anchura de banda de referencia. Se requiere una pequeña cantidad de información adicional con respecto a la actualmente necesaria en el Apéndice S4 del RR. Véase el Cuadro 1 del Apéndice 1 del presente Anexo.

- b) si se excede el umbral de  $\Delta T/T$ , cálculos más detallados basados en información adicional (como la que podría figurar en el Apéndice S4 del RR), en los que se estima la potencia interferente en las anchuras de banda de las portadoras de interés; y
- c) si, después de efectuar los cálculos que se han mencionado en b), la interferencia sigue siendo inaceptable, puede resultar necesaria la planificación de las frecuencias portadoras.

Se describe en los puntos siguientes un método sencillo para determinar la interferencia entre redes por satélite en el nivel de detalle definido en los apartados a) y b) anteriores.

## 2 Descripción

Este sencillo método de estimación de los niveles de interferencia mutua entre redes por satélite se basa en el suministro de suficiente información para permitir el cálculo de la potencia de interferencia  $I$  en cualquier anchura de banda de portadora interferida. La potencia de interferencia  $I$  es proporcional a la densidad de potencia interferente  $p_0$  multiplicada por la correspondiente anchura de banda interferida  $b_r$ . El caso más desfavorable  $p_0$  se determina para cualquier anchura de banda de transmisión  $b_t$  hallando la porción de una banda de anchura  $b_t$  en la que la potencia total  $p$  es máxima; por tanto,  $p_0(b_t) = p/b_t$ .

A fin de determinar la interferencia  $I$  para cualquier anchura de banda de portadora  $b_r$ , es necesario disponer de una función cuantitativa de promediación de la densidad de potencia en las anchuras de banda pertinentes. La banda total a la que se extendería dicha función sería la banda en la que pudiese haber portadoras contiguas o potencialmente contiguas. Un caso típico sería el de la anchura de banda de un transpondedor del servicio fijo por satélite. Puede demostrarse que sólo se requiere un pequeño número de anchuras de banda de promediación, con sus correspondientes densidades de potencia, para describir con exactitud razonable una función completa de banda de promediación de la densidad de potencia en la anchura de banda de un transpondedor. Una elección cuidadosa de los valores de las anchuras de banda de promediación permitirá que los errores de reconstrucción de las funciones totales sean pequeños (véase el Apéndice 1 de este Anexo, § 1).

Estos puntos de datos de promediación de la densidad de potencia – anchura de banda se darían para el trayecto ascendente (valores de  $P_e$  y anchuras de banda correspondientes) y para el trayecto descendente (valores de  $P_s$  y anchuras de banda correspondientes), incluidos los valores de  $P_e$  y  $P_s$  para las anchuras de banda de promediación actualmente definidas. Una administración con una red que sufriese interferencia podrá construir una función total.

Con estas funciones reconstruidas, o con las ecuaciones adecuadas, pueden calcularse los valores de  $\gamma\Delta T_s$  y  $\Delta T_e$  para todas las anchuras de banda de portadora de interés, sirviéndose del Apéndice S8 del RR. A partir de estos valores, pueden calcularse las relaciones  $\Delta T/T$  para todas las portadoras y la potencia de interferencia para todas las portadoras, es decir,  $I = \Delta T \times k \times b_r$ , siendo  $k$  la constante de Boltzmann. De esta manera, la administración cuya red sufre interferencia puede calcular para cada portadora:  $\Delta T/T$ ,  $I$ ,  $I/N$  y (conociendo la potencia de la portadora  $C$ ),  $C/I$ . Una administración puede decidir, a partir de esta información sobre la interferencia, si se necesita coordinar o se precisan análisis más detallados, o bien, si los niveles de interferencia son admisibles.

Un requisito importante de todo método de determinación de la interferencia es su aptitud para tener en cuenta adecuadamente múltiples fuentes de interferencia causada a una portadora de banda más ancha; por ejemplo, cierto número de portadoras SCPC transmitidas desde diferentes estaciones terrenas y recibidas por diferentes estaciones terrenas de una red son fuentes comunes de interferencia, para una portadora de gran anchura de banda en una red interferida. El método cumple este requisito y tiene en cuenta múltiples fuentes de interferencia en la determinación de las densidades de potencia cuando se produce esta situación. Los valores de la densidad de potencia

cuando han de tenerse en cuenta varias portadoras, se limitarían a algunas anchuras de banda pequeñas. Es importante señalar que la ocurrencia de este caso vendría determinada por la administración para su propia red.

Cuando las estaciones terrenas transmisoras son idénticas pueden obtenerse las densidades de potencia y las densidades de p.i.r.e. fuera del eje, que tendrán la misma función de densidad de potencia anchura de banda que el transpondedor del satélite. Cuando hay diferencias en las ganancias de antena transmisora de la estación terrena, la función resultante (densidad de potencia anchura de banda) puede ser diferente de la función de densidad de p.i.r.e. Un método que puede utilizarse para proporcionar información destinada a estimar la interferencia en el trayecto ascendente en una anchura de banda determinada consiste en proveer una función densidad de potencia anchura de banda para cada tipo de estación terrena (se supone que las portadoras destinadas a todas las estaciones terrenas de un mismo tipo están en una estación terrena de ese tipo). Puede entonces calcularse la interferencia fuera del eje procedente de cada tipo de estación terrena para las anchuras de banda de interés. El caso más desfavorable de interferencia para una anchura de banda determinada puede entonces estimarse comparando los valores procedentes de los diferentes tipos de estaciones terrenas.

En el Apéndice 1 de este anexo se describe una aplicación específica de este método y se dan ejemplos utilizando esta aplicación específica para indicar la mejora de precisión que puede lograrse cuando se compara con el método del actual Apéndice S8 del RR.

## APÉNDICE 1

### AL ANEXO 3

#### **Aplicación del método de densidad de potencia promediada en la anchura de banda**

##### **1 Formulación general**

Dada una banda de portadoras contiguas, o potencialmente contiguas, la densidad de potencia del caso más desfavorable  $p_0$  en una anchura de banda  $b$  se determina hallando la porción de la banda de anchura de banda  $b$  en la que la potencia total  $p$  es máxima:

$$p_0 = p/b \quad (5)$$

Dados los valores de densidad de potencia  $p_{01}$  y  $p_{02}$  para las anchuras de banda  $b_1$  y  $b_2$ , el valor máximo de  $p_0$  entre  $b_1$  y  $b_2$  está limitado como sigue:

$$p_0 = p_{01} \quad \text{cuando} \quad b_1 \leq b \leq b_2 (p_{02}/p_{01}) \quad (6)$$

$$p_0 = \frac{p_{02} b_2}{b} \quad \text{cuando} \quad b_2 (p_{02}/p_{01}) \leq b \leq b_2 \quad (7)$$

y el mínimo valor de  $p_0$  entre  $b_1$  y  $b_2$  es:

$$p_0 = \frac{p_{01} b_1}{b} \quad \text{cuando} \quad b_1 \leq b \leq b_2 (p_{01}/p_{02}) \quad (8)$$

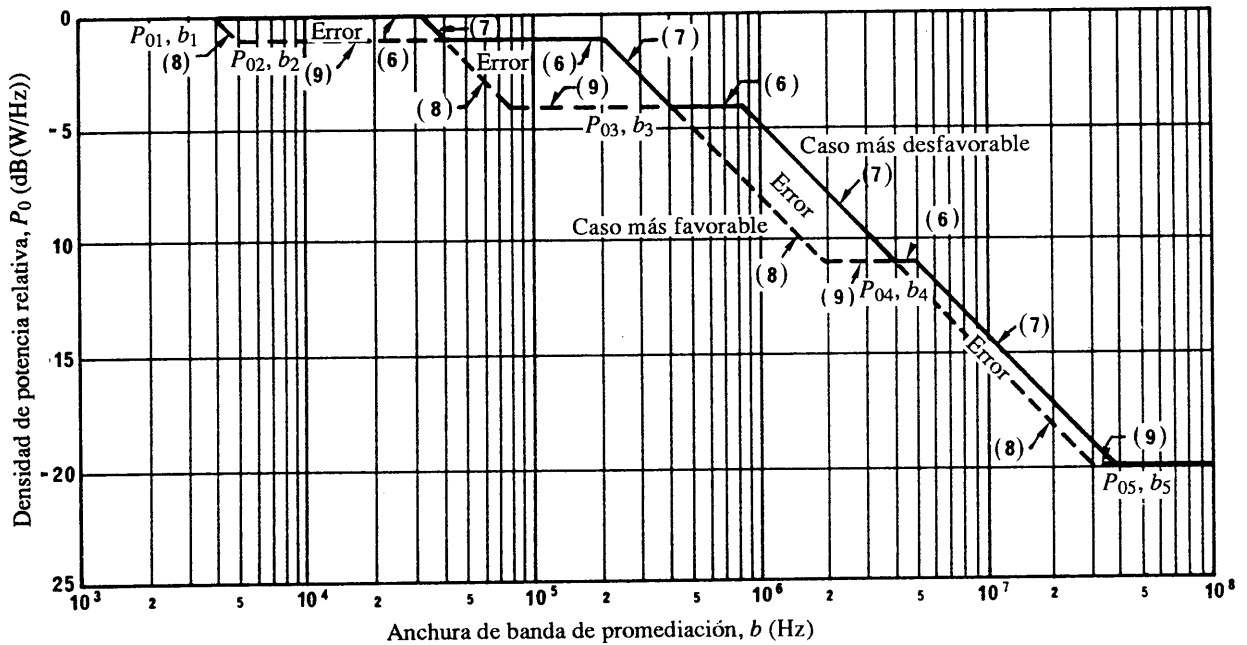
$$p_0 = p_{02} \quad \text{cuando} \quad b_1 (p_{02}/p_{01}) \leq b \leq b_2 \quad (9)$$

La diferencia entre estas funciones que se han obtenido conectando los puntos de datos, es el máximo error posible.

Cuando las densidades de potencia se expresan en dB(W/Hz), y se representan en función de la anchura de banda en una escala logarítmica, se forma un paralelogramo de error, que puede verse en la Fig. 2. Como muestra la Figura, se aplica el mismo proceso entre los puntos subsiguientes ( $P_{02}, b_2$  y  $P_{03}, b_3$ , etc.). El error es una función de  $b$  y ( $P_{01} - P_{02}$ ).

Para un error igual entre los puntos ( $P_{01}, b_1$ ), ( $P_{02}, b_2$ ), ( $P_{03}, b_3$ ), ( $P_{04}, b_4$ ), etc., podría ser usada una separación geométrica, por ejemplo,  $b_2/b_1 = b_3/b_2 = b_4/b_3$ , etc.

FIGURA 2  
Ejemplo de construcción de una función total a partir de cinco puntos de datos separados por décadas



( ): Ecuaciones

0740-02

## 2 Una formulación especial

La densidad de potencia,  $p$ , promediada en cualquier anchura de banda,  $b$ , puede calcularse mediante las siguientes expresiones, que se aplican a los sentidos Tierra-espacio y espacio-Tierra:

$$\begin{aligned}
 p(b)_{\text{máx}} &= p_1 && \text{cuando } b_1 \leq b \leq p_2 b_2 / p_1 && \text{W/Hz} \\
 &= p_2 b_2 / b && \text{cuando } p_2 b_2 / p_1 \leq b \leq b_2 && \text{W/Hz} \\
 &= p_2 && \text{cuando } b_2 \leq b \leq p_3 b_3 / p_2 && \text{W/Hz}
 \end{aligned} \quad (10)$$

y continuado hasta  $b = b_t$ .

### Caso de una sola portadora

En punto de datos  $(p_1, b_1)$  es, normalmente, el dato necesario. El siguiente punto de datos más importante es  $(p_t, b_t)$ . Para el SFS,  $b_t$  es generalmente la anchura de banda de un transpondedor y  $p_t$  es el límite de potencia del transpondedor,  $p_t$ , dividido por  $b_t$  para el sentido espacio-Tierra. En el sentido Tierra-espacio  $p_t$  vendría limitada por la potencia del transmisor de la estación terrena necesaria para obtener el nivel máximo en la señal de salida del transpondedor.

El punto de datos  $(p_t, b_t)$  limita la anchura de banda en la que  $p_1$  puede existir y por consiguiente la extrapolación de  $p_1$  a anchuras de banda mayores dará como resultado valores realistas de la potencia total. Por consiguiente, con estos dos puntos de datos:

$$\left. \begin{aligned} p(b)_{\text{máx}} &= p_1 && \text{cuando } b_1 \leq b \leq p_t/p_1 && \text{W/Hz} \\ &= p_t/b && \text{cuando } p_t/p_1 \leq b \leq b_t && \text{W/Hz} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Esto representa una envolvente de caso más desfavorable de la relación entre la densidad de potencia y la anchura de banda de promediación, para una sola portadora de anchura de banda  $b_t$  y para el caso de múltiples portadoras en una anchura de banda dada.

### Caso de múltiples portadoras

Cuando  $b_t$  contiene múltiples portadoras, es probable que las densidades de potencia para las anchuras de banda de promediación, entre  $b_1$  y  $b_t$  sean inferiores a las que figuran en la ecuación (11). Para este caso puede obtenerse un tercer punto de  $b_t$  a partir de la siguiente información:

- la mayor potencia de una sola portadora  $p_a$  y
- la potencia,  $p_b$ , y la anchura de banda ocupada,  $b_b$ , de la portadora que presenta el mayor valor de la relación  $p_b/b_b$ .

Por consiguiente  $p_b/b_b$  es  $p_2$  y  $b_2$  es  $b_b p_a/p_b$ . La densidad de potencia del caso más desfavorable para cualquier anchura de banda  $b$  es:

$$\left. \begin{aligned} p(b)_{\text{máx}} &= p_1 && \text{cuando } b_1 \leq b \leq p_a/p_1 && \text{W/Hz} \\ &= p_a/b && \text{cuando } p_a/p_1 \leq b \leq p_a b_b/p_b && \text{W/Hz} \\ &= p_b/b_b && \text{cuando } p_a b_b/p_b \leq b \leq p_t b_b/p_b && \text{W/Hz} \\ &= p_t/b && \text{cuando } p_t b_b/p_b \leq b \leq b_t && \text{W/Hz} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

## 3 Ejemplos

### Caso de una sola portadora

Un acceso común de una sola portadora sería el de una portadora de TV/MF. A título de ejemplo, se pone un transpondedor de 36 MHz que funciona en la banda 6/4 GHz con una potencia de salida máxima de 4 W y cuya portadora funciona con dispersión de energía con una expansión de la frecuencia de cuadro de 1 MHz. Con estos valores y para el sentido espacio-Tierra, se obtiene:

$$P_t = 6 \text{ dBW}(4 \text{ W}) \text{ (máxima potencia del transpondedor)}$$

$$b_t = 36 \text{ MHz} \text{ (anchura de banda del transpondedor)}$$

$$b_1 = 4 \text{ kHz} \text{ (anchura de banda de promediación, según el Apéndice S8 del RR)}$$

$$P_1 = 6 - 10 \log(1 \text{ MHz}) = -54 \text{ dB(W/Hz)} \text{ (densidad de potencia máxima en 4 kHz debido a la dispersión de energía a la frecuencia de cuadro).}$$



Para este caso, la ecuación (11) define la densidad de potencia en el caso más desfavorable en función de la anchura de banda de promediación:

$$\begin{aligned}
 p(b)_{\text{máx}} &= -54 && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 4 \text{ kHz} \leq b \leq 1 \text{ MHz} \\
 &= 6 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 1 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

La función Tierra-espacio para una estación terrena particular tendría la misma forma con diferentes valores para  $P_t$  y  $P_1$ . A continuación se facilita un ejemplo de parámetros para la determinación de la densidad de potencia promediada en la anchura de banda, en el sentido Tierra-espacio:

Ganancia de la antena transmisora de la estación terrena = 55 dB

Ganancia de la antena receptora de la estación terrena = 51 dB

Ganancia de la antena transmisora de satélite = 22 dB

Ganancia de la antena receptora del satélite = 22 dB

Ganancia de transmisión = -13 dB

Temperatura de ruido equivalente del enlace = 275 K.

La potencia de transmisión de la estación terrena necesaria para obtener una potencia de salida del transpondedor de 6 dBW, es de 19 dBW. Designando a los parámetros del trayecto ascendente mediante una barra, se tiene:

$$\bar{P}_t = 19 \text{ dBW (máxima potencia del trasmisor de la estación terrena)}$$

$$\bar{b}_t = 36 \text{ MHz (anchura de banda correspondiente a } \bar{P}_t \text{)}$$

$$\bar{b}_1 = 4 \text{ kHz (anchura de banda de promediación, según el Apéndice S8 del RR)}$$

$$\bar{P}_1 = 19 - 10 \log (1 \text{ MHz}) = -41 \text{ dB(W/Hz) (densidad de potencia máxima en 4 kHz).}$$

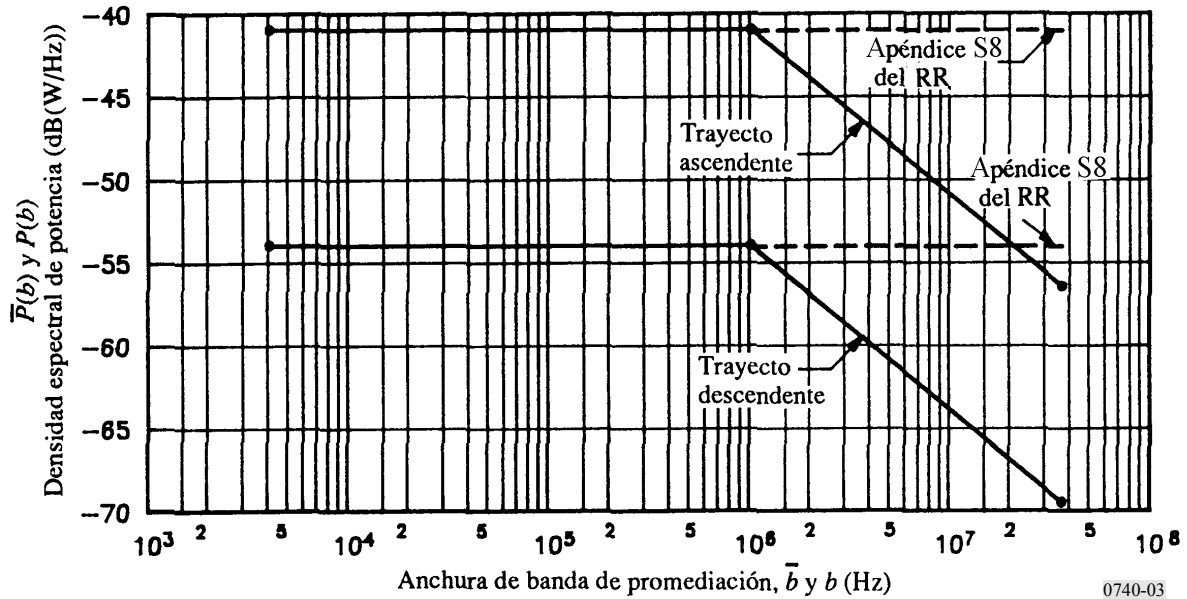
A partir de estos datos, se deduce que la densidad de potencia en el caso más desfavorable en función de la anchura de banda de promediación es:

$$\begin{aligned}
 (\bar{P}(b)_{\text{máx}}) &= -41 && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 4 \text{ kHz} \leq b \leq 1 \text{ MHz} \\
 &= 19 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 1 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

En la Fig. 3 se muestran estas funciones del trayecto ascendente y del trayecto descendente.

FIGURA 3

Densidad de potencia en función de la anchura de banda de promediación  
Ejemplo de una sola portadora



### Caso de múltiples portadoras

Como ejemplo de múltiples portadoras con acceso al transpondedor, se suponen los mismos parámetros del transpondedor que en el caso de una sola portadora. Se supone igualmente que la portadora de mayor potencia  $P_a$  es una portadora de MDF/MF que precisa una potencia de transpondedor  $-3$  dBW y tiene una anchura de banda  $b_a$  de 2 MHz. La anchura de banda de esta portadora debe ser mayor que la anchura de banda de promediación de referencia, en este caso 4 kHz. El valor de la relación  $P_a/b_a$  es  $-66$  dB(W/Hz). También se supone la existencia de portadoras MF/SCPC, precisando cada una de ellas una potencia de transpondedor,  $P_b$ , de  $-18$  dBW y una anchura de banda,  $b_b$ , de 25 kHz. El valor de  $P_b/b_b$  es  $-62$  dB(W/Hz), superior al de la portadora de mayor potencia. Para este tipo de SCPC,  $P_b$  puede existir en 4 kHz de tal forma que  $P_1$  es  $-54$  dB(W/Hz) que se supone que es la densidad de potencia más elevada promediada en los 4 kHz del transpondedor. Aplicando la ecuación (12) se obtienen los parámetros pertinentes en el sentido espacio-Tierra, que son:

$$P_t = 6 \text{ dBW (4 W) (máxima potencia del transpondedor)}$$

$$b_t = 36 \text{ MHz (anchura de banda del transpondedor)}$$

$$P_a = -3 \text{ dBW (potencias más elevadas de una sola portadora)}$$

$$b_a = 2 \text{ MHz (anchura de banda para } P_a)$$

$$P_b = -18 \text{ dBW (potencia de la portadora con la relación } P_b/b_b \text{ más elevada)}$$

$$b_b = 25 \text{ kHz (anchura de banda para } P_b)$$

$$P_1 = -54 \text{ dB(W/Hz) (densidad de potencia máxima en 4 kHz)}$$

$$b_1 = 4 \text{ kHz (anchura de banda de promediación, según el Apéndice S8 del RR).}$$

Por consiguiente, la densidad de potencia en el caso más desfavorable para cualquier anchura de banda de promediación entre 4 kHz y 36 MHz es:

$$\begin{array}{llll}
 P(b)_{m\acute{a}x} = -54 & \text{dB(W/Hz)} & \text{cuando} & 4 \text{ kHz} \leq b \leq 126 \text{ kHz} \\
 = -3 - 10 \log b & \text{dB(W/Hz)} & \text{cuando} & 126 \text{ kHz} \leq b \leq 791 \text{ kHz} \\
 = -62 & \text{dB(W/Hz)} & \text{cuando} & 791 \text{ kHz} \leq b \leq 6,30 \text{ MHz} \\
 = 6 - 10 \log b & \text{dB(W/Hz)} & \text{cuando} & 6,30 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz}
 \end{array}$$

Como ejemplo de parámetros para determinar la densidad de potencia-anchura de banda de promediación en el trayecto Tierra-espacio pueden tomarse los indicados en el ejemplo de acceso de una sola portadora indicado anteriormente, además de los siguientes parámetros referentes a la estación terrena:

Ganancia de la antena transmisora de la estación terrena = 47 dB

Ganancia de la antena receptora de la estación terrena = 43 dB

Ganancia de la transmisión = -21 dB

Temperatura de ruido equivalente del enlace = 212 K.

Estas ganancias de antena de la estación terrena corresponden a un diámetro de antena de unos 4,5 m, mientras que los anteriores valores correspondían a un diámetro de 11 m aproximadamente. Las portadoras de 2 MHz no se utilizan con las antenas de estación terrena de 4,5 m. Las portadoras SCPC se utilizan para cualquier combinación de antenas de estación terrena de 4,5 m y 11 m. A partir de estas consideraciones, se ha desarrollado un conjunto de parámetros para cada tipo de estación terrena. A título de ejemplo, se supone el caso más desfavorable para el valor  $P_t$  de cada tipo de estación terrena; es decir, la  $P_t$  que produciría la máxima potencia de salida del transpondedor. Designando nuevamente mediante una barra los parámetros del trayecto ascendente, se señalan a continuación dichos parámetros para cada tipo de estación terrena.

**Para estaciones terrenas con antena de 11 m**

$$\begin{array}{ll}
 \bar{P}_t = 19 \text{ dBW} & \bar{b}_t = 36 \text{ MHz} \\
 \bar{P}_a = 10 \text{ dBW} & \bar{b}_a = 2 \text{ MHz} \\
 \bar{P}_b = -5 \text{ dBW} & \bar{b}_b = 25 \text{ kHz} \\
 \bar{P}_1 = -41 \text{ dB(W/Hz)} & \bar{b}_1 = 4 \text{ kHz}
 \end{array}$$

**Para estaciones terrenas con antena de 4,5 m**

$$\begin{array}{ll}
 \bar{P}_t = 27 \text{ dBW} & \bar{b} = 36 \text{ MHz} \\
 \bar{P}_a = P_b = 3 \text{ dBW} & \bar{b}_a = \bar{b}_b = 25 \text{ kHz} \\
 \bar{P}_1 = -33 \text{ dB(W/Hz)} & \bar{b}_1 = 4 \text{ kHz}
 \end{array}$$

Aplicando la ecuación (12) se obtienen los siguientes resultados:

**Para estaciones terrenas con antena de 11 m**

$$\begin{aligned} \bar{P}(b)_{m\acute{a}x} &= -41 && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 4 \text{ kHz} \leq b \leq 126 \text{ kHz} \\ &= 10 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 126 \text{ kHz} \leq b \leq 791 \text{ kHz} \\ &= -49 && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 791 \text{ kHz} \leq b \leq 6,30 \text{ MHz} \\ &= 19 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 6,30 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz} \end{aligned}$$

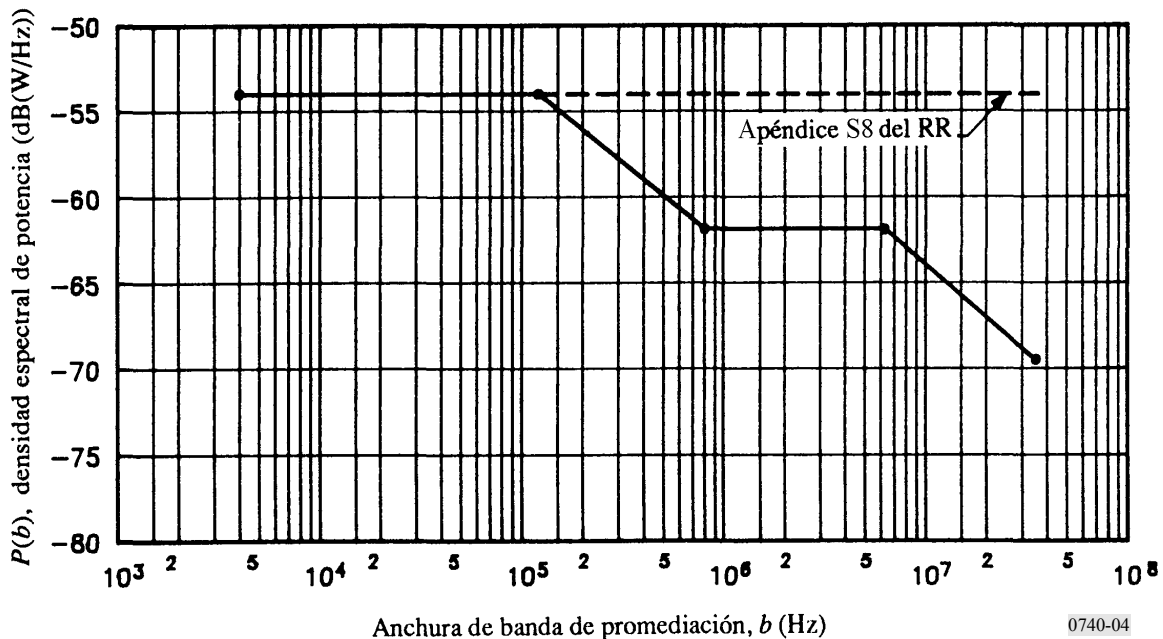
**Para estaciones terrenas con antena de 4,5 m**

$$\begin{aligned} \bar{P}(b)_{m\acute{a}x} &= 3 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 4 \text{ kHz} \leq b \leq 25 \text{ kHz} \\ &= -41 && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 25 \text{ kHz} \leq b \leq 6,30 \text{ MHz} \\ &= 27 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{cuando} && 6,30 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz} \end{aligned}$$

En las Figs. 4 y 5 se representan estas funciones.

FIGURA 4

**Densidad de potencia en función de la anchura de banda de promediación  
Ejemplo de trayecto descendente con múltiples portadoras**



La interferencia en el trayecto ascendente también es función de las ganancias de la antena transmisora de la estación terrena fuera del eje, así como de las densidades de potencia. Si las ganancias fuera del eje son las mismas en los ejemplos anteriores, la envolvente de las dos funciones es la densidad de potencia en el caso más desfavorable para cualquier anchura de banda de promediación. Si las ganancias fuera del eje son distintas, puede desarrollarse una función de densidad de p.i.r.e. fuera del eje para el caso más desfavorable.

Utilizando el anterior ejemplo de múltiples portadoras, pueden efectuarse cálculos  $\Delta T/T$  donde  $p(b)_{m\acute{a}x}$  se utiliza para  $p_s$  y  $\bar{p}(b)_{m\acute{a}x}$ , se utiliza para  $p_e$  en el Apéndice S8 del RR. Se supone un ángulo topocéntrico de  $4^\circ$ , una envolvente de lóbulos laterales de estación terrena de  $29 - 25 \log \phi$  y condiciones de cobertura común. La red interferida tiene las mismas características que la red

interferente, salvo las portadoras. Los resultados de estos cálculos se muestran en la Fig. 6. El cálculo del actual Apéndice S8 muestra una  $\Delta T/T$  de 36% para todas las anchuras de banda interferidas. Utilizando este método, se indica una  $\Delta T/T$  del 14% las anchuras de banda de las portadoras interferidas de 25 kHz a 126 kHz y la  $\Delta T/T$  es inferior al 6% para la anchura de banda de la portadora interferida superior a 600 kHz. Con este método el valor numérico de  $\Delta T/T$  es igual a la relación  $I/N$  en la anchura de banda de la portadora interferida.

FIGURA 5

Densidad de potencia en función de la anchura de banda de promediación  
Ejemplo de trayecto ascendente con múltiples portadoras

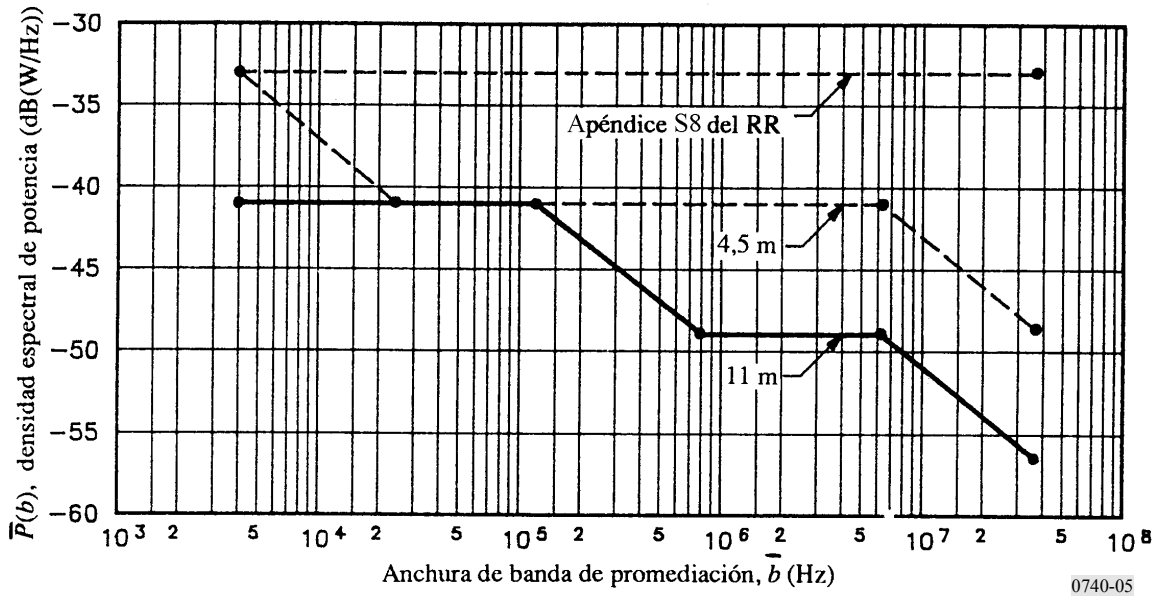
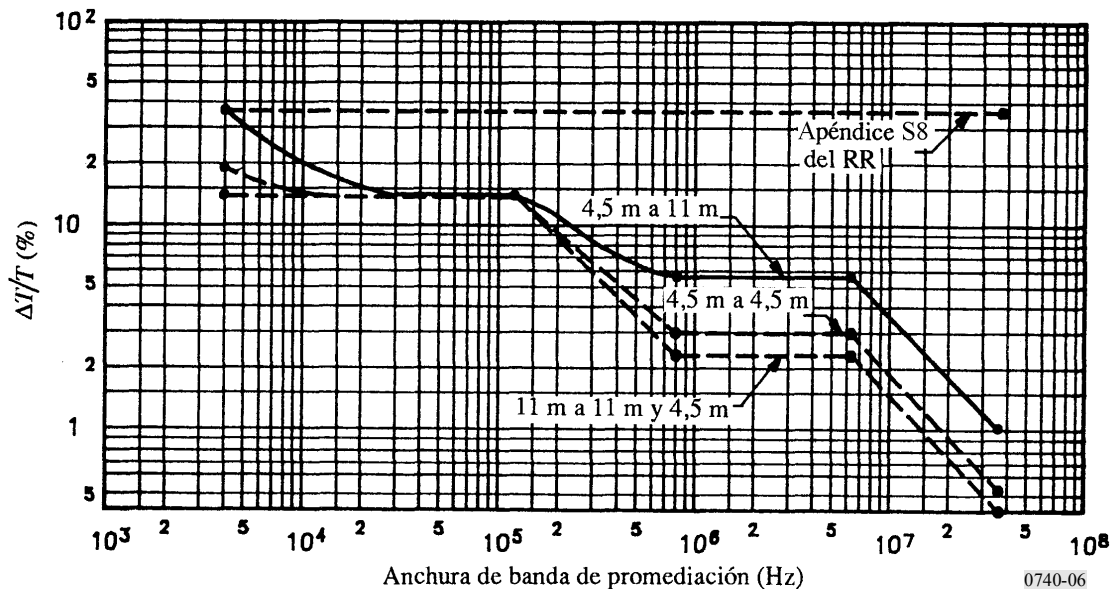


FIGURA 6

$\Delta T/T$  en función de la anchura de banda de promediación  
Ejemplo de múltiples portadoras



#### 4 Datos requeridos

Se ha elaborado este método de promediación de la densidad de potencia anchura de banda con objeto de reducir al mínimo la cantidad de datos adicionales necesarios y la disponibilidad de esos datos, proporcionando a la vez una mejora sustancial en la estimación de la interferencia.

Los datos necesarios para la aplicación específica pueden relacionarse con los elementos del Apéndice S4 del RR.

CUADRO 1  
Datos requeridos

Satélite		Estaciones terrenas	
Símbolo	Referencia	Símbolo	Referencia
$P_t$	2.C.8 d)	$\overline{P_t}$	2.B.12 e)*
$b_t$	2.C.8 d)	$\overline{b_t}$	2.B.12 e)*
$P_a$	2.C.8 a)*	$\overline{P_a}$	2.B.12 a)*
$b_a$	2.C.7 c)*	$\overline{b_a}$	2.B.11 c)*
$P_b$	2.C.8 a)*	$\overline{P_b}$	2.B.12 a)*
$b_b$	2.C.7 c)*	$\overline{b_b}$	2.B.11 c)*
$P_1$	2.C.8 b)	$\overline{P_1}$	2.B.12 b)
$b_1$	2.C.8 b)	$\overline{b_1}$	2.B.12 b)

\* Elementos opcionales: los datos adicionales para el Apéndice S4 del RR, representan los elementos que llevan un asterisco y son:

- la potencia y anchura de banda de dos portadoras particulares para el trayecto ascendente y el trayecto descendente, y
- las potencias del transmisor de la estación terrena combinadas para cada tipo de estación terrena.

#### 5 Ejemplo basado en la información adicional disponible durante la coordinación

Los ejemplos anteriores se basaban en la información que podría estar disponible en el momento de la presentación de los datos del Apéndice S4 del RR. El ejemplo que sigue se utiliza para demostrar cómo puede utilizarse este método durante la coordinación cuando los parámetros de la red se conocen con más exactitud.

Los parámetros indicados como ejemplo en el caso múltiples portadoras se utilizarán en el análisis que sigue. Dado que el ejemplo considera dos tipos de portadora diferentes y dos tipos de estación terrena diferentes, es suficiente describir el proceso que puede utilizarse para un mayor número de tipos de portadora y de tipos de estación terrena. La información adicional está compuesta por la potencia de transpondedor por los tipos de portadora entre los dos tipos de estación terrena; es decir, número de portadoras por tipo para cada conectividad de estación terrena. El Cuadro 2 muestra un ejemplo de los tipos de portadoras para diferentes conectividades.

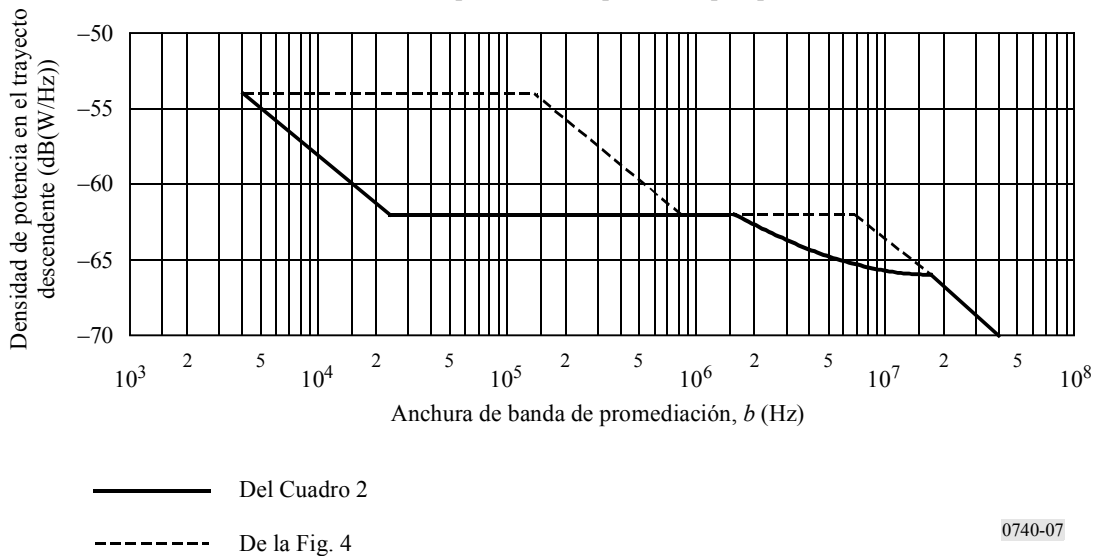
CUADRO 2

Desde-hasta la antena (m)	Anchura de banda de la portadora $b_c$	Potencia de la portadora de satélite $P_c$ (dBW)	Densidad de potencia del satélite $P_c/b_c$ (dB(W/Hz))	Potencia portadora de la estación terrena $\overline{P_c}$ (dBW)	Densidad de potencia de la estación terrena $\overline{P_c}/b_c$ (dB(W/Hz))	Número de portadoras $N_c$	Anchura de banda total $N_c \cdot b_c$
11 11	2 MHz	-3	-66	10	-53	6	12 MHz
11 11	25 kHz	-26	-70	-13	-57	15	375 kHz
11 4,5	25 kHz	-18	-62	-5	-49	40	1 MHz
4,5 11	25 kHz	-26	-70	-5	-49	40	1 MHz
4,5 4,5	25 kHz	-18	-62	+3	-41	15	375 kHz

En el trayecto descendente, la función densidad de potencia en la anchura de banda de promediación en el caso más desfavorable se obtiene ordenando las conectividades por valores de densidad de potencia decrecientes; es decir, colocación de la frecuencia portadora en el caso más desfavorable. La función promediación de densidad de potencia viene determinada por la potencia acumulativa en la anchura de banda acumulativa asociada.

Esta función se muestra en la Fig. 7, junto con la función desarrollada para el caso de múltiples portadoras, presentado en la Fig. 4. Se muestra una reducción sustancial de la densidad de potencia para algunas gamas de anchura de banda.

FIGURA 7  
Ejemplos de densidad de potencia de trayecto descendente en función de la anchura de banda de promediación para múltiples portadoras



0740-07

En el trayecto ascendente, la ganancia de la antena de estación terrena con respecto al eje es un factor al determinar la interferencia causada a otra red de satélite. Si la función ganancia fuera del eje es la misma para todas las estaciones terrenas, puede obtenerse una función densidad de potencia en la anchura de banda de promediación, en el trayecto ascendente de la misma manera que la función de trayecto descendente. Si no ocurre así, es necesario desarrollar la función densidad de p.i.r.e. fuera del eje en la anchura de banda de promediación. Para la demostración de este caso, se supone que la antena de 11 m tiene una ganancia fuera del eje de  $29 - 25 \log \phi$ , mientras que la antena de 4,5 m tiene una ganancia con respecto al eje de  $32 - 25 \log \phi$ . Las densidades de potencia de estación terrena indicadas en el Cuadro 2 se multiplican por la constante

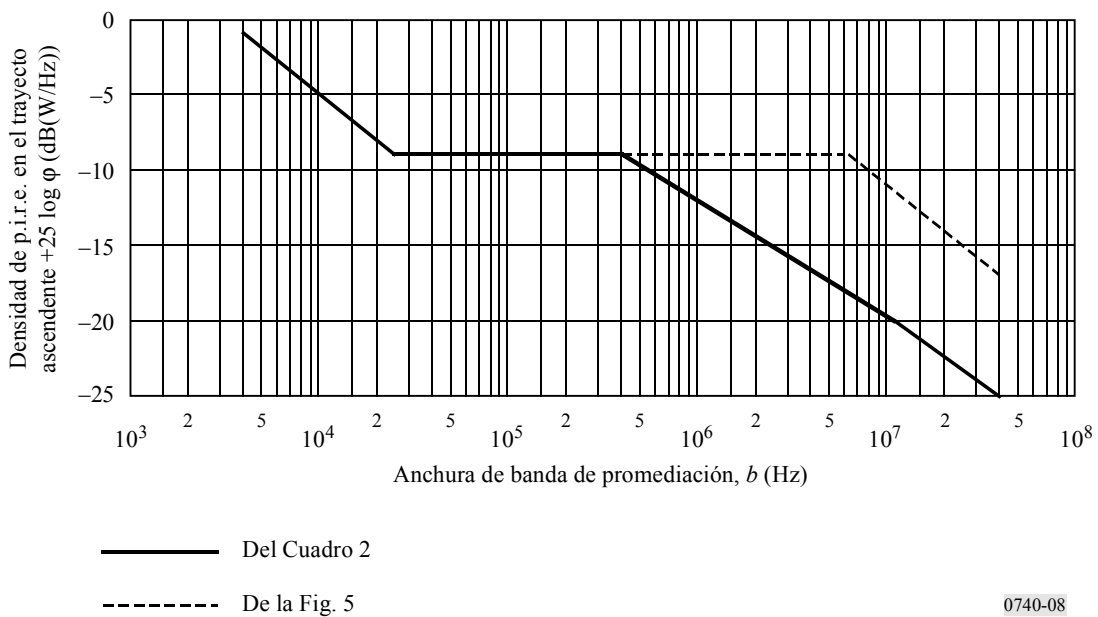


en la función ganancia fuera del eje y las conectividades se disponen en constantes de densidad de p.i.r.e. fuera del eje decrecientes. La función densidad de potencia en la anchura de banda de promediación en este caso se muestra en la Fig. 8 en unión de la función del caso más desfavorable para el caso de acceso múltiple indicado en la Fig. 5. Se muestra una reducción sustancial de la densidad de potencia para anchuras de bandas superiores a 500 kHz.

Dadas estas funciones de densidad en el trayecto ascendente y descendente, puede calcularse la potencia de interferencia causada a otra red para cualquier anchura de banda de la portadora interferida.

Sin embargo, se señala que existe una diferencia en la ordenación de la conectividad entre el trayecto ascendente y el descendente, es decir, las colocaciones de las portadoras de estación terrena en el caso más desfavorable son diferentes que las del satélite. Así, utilizando las dos funciones indicadas en las Figs. 7 y 8, podría sobreestimarse la suma de las interferencias de trayecto ascendente y de trayecto descendente. Si predomina la interferencia de trayecto descendente, podría entonces utilizarse una función de trayecto ascendente basada en la conectividad de portadora de trayecto descendente, o viceversa si predomina la interferencia de trayecto ascendente. Si las interferencias de trayecto ascendente y descendente son comparables, podría utilizarse el nivel de interferencia superior de la disposición de trayecto descendente o de trayecto ascendente.

FIGURA 8  
Ejemplos de densidad de p.i.r.e. fuera del eje en el trayecto ascendente en función de la anchura de banda de promediación para múltiples portadoras



## ANEXO 4

**Método de aislamiento****1 El concepto de aislamiento****1.1 Método de aislamiento convencional**

El aislamiento entre dos redes puede derivarse como sigue: En la ecuación  $c/i$  básica (para la definición de los símbolos, véase el Cuadro 3 de este Anexo):

$$c/i = \left[ \frac{p'_1 g'_1 (\varphi) g_2 (\psi')}{p_1 g_1 g_2} + \frac{p'_3 g'_3 (\psi) g_4 (\varphi')}{p_3 g_3 g_4} \right]^{-1} \quad (13)$$

las relaciones  $p'_1/(p_1 g_1 g_2)$  y  $p'_3/(p_3 g_3 g_4)$  pueden sustituirse de los presupuestos de potencia de los enlaces ascendente y descendente en las redes interferente e interferida como sigue:

$$p'_1/(p_1 g_1 g_2) = \frac{(c/n)'_u b' T'_2}{(c/n)_u b T_2 g'_1 g'_2} \quad (14)$$

$$p'_3/(p_3 g_3 g_4) = \frac{(c/n)' T'_1 b'}{(c/n) T_1 b g'_3 g'_4} \quad (15)$$

Definiendo

$$(c/n)'/(c/n)'_u = n'_1 \quad (16)$$

$$(c/n)/(c/n)_u = n_1 \quad (17)$$

y pasando  $b$ ,  $b'$ ,  $(c/n)$  y  $(c/n)'$  al lado izquierdo se obtiene la «ecuación de aislamiento»:

$$(c/i) \frac{(c/n)' b'}{(c/n) b} = \left[ \frac{n_1 (g_2/T_2) g'_1 (\varphi)}{n'_1 (g'_2/T'_2) g'_1 \Delta g_2 (\psi')} + \frac{(g_4/T_1) g_4 (\varphi')}{(g'_4/T'_1) g_4 \Delta g'_3 (\psi)} \right]^{-1} \quad (18)$$

El miembro izquierdo de la ecuación (18) contiene sólo parámetros que describen las transmisiones interferentes y su interacción, y a su magnitud se da el nombre de aislamiento requerido; el miembro derecho contiene sobre todo las principales características de diseño de la red, es igual a la pérdida por acoplamiento entre redes, y recibe el nombre de aislamiento disponible. Como ambos parámetros  $\varphi$  y  $\varphi'$  son separaciones topocéntricas entre satélites, el aislamiento disponible es una función de la separación entre satélites.

CUADRO 3

**Definición de los símbolos utilizados**

$c/i$	Relación numérica entre las potencias de la portadora deseada y de la interferencia
$p_i, g_i, T_i$	Potencia de la portadora ( $p$ ), ganancia nominal de la antena ( $g$ ) y temperatura de ruido del sistema receptor ( $T$ ), observadas en las cuatro antenas que comprenden todo el trayecto de transmisión; $i = 1$ : antena de transmisión de la estación terrena; $i = 2$ : antena de recepción del satélite; $i = 3$ : antena de transmisión del satélite; $i = 4$ : antena de recepción de la estación terrena
$p'_i, g'_i, T'_i$ , etc.	Los parámetros que llevan el signo prima son los asociados con la transmisión o la red interferentes
$T_b, T'_i$	Temperatura de ruido del enlace en las estaciones terrenas receptoras, respectivamente, interferida e interferente
$\Delta g_2(\psi') = g_2/g_2(\psi')$	Discriminación <sup>(1)</sup> de la antena receptora del satélite de la red interferida, en la dirección $\psi'$ , de la zona de servicio de la red interferente
$\Delta g'_3(\psi) = g'_3/g'_3(\psi)$	Discriminación <sup>(1)</sup> de la antena transmisora del satélite de la red interferente, en la dirección $\psi$ , de la zona de servicio de la red interferida
$g'_1(\varphi)$	Ganancia de la antena transmisora de la estación terrena de la red interferente, en la dirección $\varphi$ , del satélite de la red interferida <sup>(2)</sup>
$g_4(\varphi')$	Ganancia de la antena receptora de la estación terrena de la red interferida, en la dirección $\varphi'$ del satélite de la red interferente <sup>(3)</sup> . En general, $\varphi = \varphi'$ de modo que, con un diagrama de referencia común de antena ( $A + B \log \varphi$ ), $g'_1(\varphi) = g_4(\varphi')$
$(c/n)_w, (c/n)$	Relación requerida «portadora/ruido», respectivamente, del enlace total y del enlace ascendente (con el símbolo prima para la red interferente)
$b, b'$	Anchura de banda necesaria de la red interferida e interferente, respectivamente
$l_d$	Pérdidas de transmisión por propagación del enlace descendente

(1) Discriminación espacial solamente, en relación con las ganancias  $g_2, g'_3$  en el borde del haz.

(2) Se supone polarización igual con  $g'_1$ .

(3) Se supone polarización igual con  $g_4$ .

A partir de la ecuación (14), se puede definir de la siguiente manera el aislamiento requerido y el aislamiento disponible:

El aislamiento requerido es la relación de potencias «portadora deseada/señales no deseadas»  $c/i$  requerida para proteger una transmisión contra la interferencia inaceptable de otra, normalizada en relación con las relaciones necesarias de «portadora/densidad de ruido»  $c/n_0$  de las dos transmisiones.

y

El aislamiento disponible (pérdida por acoplamiento entre redes) de una red A en relación con una red B es la relación de las potencias recibidas en dos puntos desde una transmisión originada en la red B, normalizada en relación con las temperaturas de ruido efectivas en los puntos de recepción. Los dos puntos de recepción son los receptores de la red B y de la red A respectivamente.

Cabe perfeccionar más la ecuación básica de aislamiento:

- Cuando una transmisión interferente tenga una anchura de banda necesaria menor que la transmisión deseada, hay que dejar cierto margen para las contribuciones de interferencia adicionales en el término  $c/i$ . Convendría suponer, en tal caso, que toda la interferencia obedecería a un conjunto de portadoras interferentes del mismo tipo, con una separación de frecuencia igual. En el caso de interferencia con transmisiones MF, si con  $(c/i)_{req j}$  se denota la relación requerida  $c/i$  para la  $j$ -ésima portadora interferente que se supone produce la interferencia admisible total, la relación  $c/i$  efectiva que se habría de utilizar para el término  $c/i$  en el miembro izquierdo de la ecuación (18) sería:

$$(c/i)_{req\ eff} = \sum_{cualquier\ j} (c/i)_{req\ j} \quad (19)$$

refiriéndose el símbolo  $\Sigma$  a la suma de las contribuciones de todas las portadoras cuyas anchuras de banda necesarias se superpongan a la de la portadora interferida. Se obtiene una expresión equivalente para el caso en que una transmisión digital esté sujeta a interferencia.

- En algunos casos, se puede disponer de discriminación por polarización en el enlace ascendente y descendente. Esa discriminación aumentaría el aislamiento disponible o disminuiría la separación requerida entre satélites. Existen excelentes estimaciones de la discriminación por polarización para el caso de satélites con la misma ubicación y la misma cobertura ( $\psi, \psi', \phi, \phi' = 0^\circ$ ). Para otros casos conviene reunir datos adicionales.
- Los términos  $n_1/n'_1, T_\ell$  y  $T'_\ell$  no son independientes de los parámetros de transmisión supuestos. El término  $n_1/n'_1$  es controlable mediante la incorporación de unos pasos de ganancia de satélite adecuados en el diseño del satélite y la elección de ajustes adecuados, que afectan a las necesidades de potencia del enlace ascendente. Las temperaturas de ruido del enlace,  $T_\ell$  y  $T'_\ell$  se pueden dividir en componentes dependientes de la transmisión e independientes de la transmisión; se puede hacer que las componentes dependientes de la transmisión formen parte del aislamiento requerido.
- Es necesario adaptar la noción de aislamiento para hacer posible su utilización con redes que sólo experimentan interferencia en el enlace ascendente o en el enlace descendente o que tienen transpondedores de satélite distintos de los convertidores de frecuencia simple.
- Hay que tener en cuenta la condición  $\psi$  y/o  $\psi' < 0^\circ$ , es decir, cuando las zonas de servicio se superponen.

Un tipo de homogeneidad supone la igualdad de todos los principales parámetros nominales y de explotación de las dos (o más) redes. Otro tipo de homogeneidad supone una separación requerida recíproca igual entre satélites para dos redes. La igualdad del valor del aislamiento disponible para dos redes, una con respecto a la otra, no suele implicar la igualdad de la separación requerida correspondiente entre satélites, es decir que el aislamiento disponible recíproco igual no asegura homogeneidad de separación entre satélites. Esto es igualmente válido para los parámetros generalizados  $C/I$  y  $\Delta T/T$ . Dos sistemas son homogéneos si al calcular la interferencia real se obtiene un valor admisible en una dirección con una separación angular de satélite de  $\phi_{1-2}$ , e inversamente de  $\phi_{2-1}$ , y en consecuencia  $\phi_{1-2} = \phi_{2-1}$ . Pueden cambiarse los parámetros de estos sistemas homogéneos y conservarse el mismo aislamiento requerido.

**Ejemplos de aplicación**

El Cuadro 4 representa una matriz de tipos de portadoras en la que se indica el aislamiento entre redes que se necesitaría para limitar la interferencia procedente de una sola fuente a 600 pW0p y al 4% del ruido de la banda de base para televisión.

CUADRO 4\*

**Aislamiento requerido\*\* entre transmisiones (dB)**

Deseada \ Interferente		MDF-MF, Índice alto				MDF-MF, Índice medio				TV-MF	
		12 c.	60 c.	252 c.	792 c.	60 c.	132 c.	432 c.	792 c.	600 <sup>(1)</sup>	2 000 <sup>(1)</sup>
SCPC	MDP	30,2	29,4	30,5	33,4	38,4	38,0	38,7	39,8	47,8	44,7
	MF-compandida	29,2	28,4	29,5	32,4	37,4	37,0	37,7	38,8	44,7	40,5
MDF-MF Índice alto	12 c.	27,6	28,4	29,7	32,6	36,8	37,0	37,9	39,0	40,5	35,9
	60 c.	24,5	26,7	29,4	32,5	33,4	35,2	37,6	38,9	37,4	35,2
	252 c.	24,5	23,6	27,4	32,0	32,0	31,4	35,3	37,7	32,4	32,1
	792 c.	24,5	23,6	24,4	29,9	32,0	31,6	31,9	34,6	27,9	27,9
MDF-MF Índice medio	60 c.	24,5	27,5	29,6	32,6	34,6	36,0	37,7	38,9	38,5	35,5
	132 c.	24,6	25,5	29,1	32,5	32,0	34,0	37,2	38,7	35,9	34,5
	432 c.	24,6	24,1	26,4	31,6	32,1	32,3	34,3	37,0	31,5	31,0
	792 c.	24,6	23,9	24,5	30,3	32,2	31,8	32,3	35,2	29,1	28,9
TV	TV-MF	27,4	28,0	28,8	31,8	32,0	34,0	36,6	37,5	33,0	33,0
Valor eficaz del índice de modulación		2,65	2,17	1,55	1,24	1,10	0,96	0,82	0,76		

\* Los datos de este cuadro necesitan revisarse más en base a la Recomendación UIT-R S.466.

\*\* Para satisfacer los actuales criterios de interferencia de una sola fuente del UIT-R.

(1) Desviación de cresta a cresta (kHz) de la dispersión de energía a la frecuencia de trama.

c. : Canales.

**1.2 Método de aislamiento del enlace**

En el método de aislamiento del enlace la ecuación (18) se modifica todavía más sustituyendo por expresiones alternativas adecuadas la expresión  $c/n$  en el término de la derecha encerrado entre corchetes. A partir del Anexo 1 de la Recomendación UIT-R S.738 (con una ligera modificación de la ecuación (14)) se obtiene:

$$\frac{(c/n)}{(c/n)_u} = \frac{4\pi b_i e_{sat} g_4 T_2}{\lambda_u^2 b_0 f_{sat} \ell_d g_2 T_\ell} \tag{20}$$

donde:

- $\lambda_u$ : longitud de onda de la portadora del enlace ascendente
- $b_i, b_0$ : reducción de potencia respecto a la saturación (back-offs) a la entrada y salida, respectivamente, del transpondedor
- $e_{sat}$ : p.i.r.e. de saturación del transpondedor
- $f_{sat}$ : densidad del flujo de potencia de saturación.

Combinando los parámetros de (20) para las redes deseada e interferente, y sustituyendo este resultado en (18) se tiene:

$$(c/i) \frac{(c/n)' b'}{(c/n) b} = g'_4 \frac{T_\ell}{T'_\ell} \left[ \frac{e_{sat} b_i}{e'_{sat} b'_i} \cdot \frac{f_{sat} b'_0}{f_{sat} b_0} \cdot \frac{g_4 g'_1(\varphi)}{g'_1 \Delta g_2(\psi')} + \frac{g_4(\varphi')}{\Delta g'_3(\psi)} \right]^{-1} \quad (21)$$

Hay que advertir que, aunque el término encerrado en corchetes de la ecuación (21) sea básicamente independiente de la combinación de portadoras,  $T_\ell$  y  $T'_\ell$  son específicos de una portadora determinada.

La dependencia de los parámetros de la portadora sobre el aislamiento disponible, se deduce del modo que a continuación se indica.

La temperatura del ruido del enlace,  $T_\ell$  viene dada por:

$$T_\ell = \frac{(c/n)_d}{(c/n)} T_4 \quad (22)$$

donde  $T_4$  es la temperatura de ruido en recepción de la estación terrena. Sustituyendo la expresión (22) en la (21), los términos  $c/n$  y  $c/n'$  aparecen a ambos lados de la ecuación (21) y pueden por lo tanto eliminarse. Además, pasando los términos  $(c/n)_d$  y  $(c/n')_d$  al lado izquierdo, se obtiene la siguiente expresión del aislamiento del enlace:

$$(c/i) \frac{(c/n)'_d b'}{(c/n)_d b} = \frac{g'_4 / T'_4}{g_4 / T_4} \left[ \frac{e_{sat} f_{sat} h}{e'_{sat} f_{sat} h'} \cdot \frac{g'_1(\varphi)}{g'_1 \Delta g_2(\psi')} + \frac{g_4(\varphi')}{\Delta g'_3(\psi) g_4} \right]^{-1} \quad (23)$$

en la cual  $h = b_1/b_0$  y  $h' = b'_1/b'_0$ . Puesto que  $h$  y  $h'$  son los parámetros de operación del transpondedor, éstos serán constantes para todas las portadoras que intervengan en los enlaces afectados\* (las operaciones lineales y no lineales del transpondedor darán diferentes valores constantes de  $h$  y  $h'$ ).

Por analogía con el método convencional de aislamiento, el miembro de la izquierda de la ecuación (23) se denomina aislamiento de portadora necesario y el miembro de la derecha, aislamiento del enlace disponible.

El aislamiento del enlace disponible está determinado exclusivamente por la información dada sobre el establecimiento de la ganancia del transpondedor y las reducciones de potencia en la explotación, junto con las características principales de la red, incluyendo los tipos de estación terrena transmisora y receptora. El aislamiento del enlace disponible para un determinado par de enlaces será, por consiguiente constante, cualesquiera que sean las portadoras específicas transmitidas por uno y otro enlace.

Los aislamientos de portadores necesarios son específicos del enlace, pero pueden determinarse valores representativos mediante un análisis teórico y/o tratamiento estadístico de los datos disponibles sobre las redes de satélite existentes.

En el Cuadro 5 se dan ejemplos de los valores de aislamiento necesarios para ciertas combinaciones de portadoras. Estos valores se han obtenido analizando los parámetros de explotación de las portadoras, así como utilizando criterios adecuados adoptados por el UIT-R para interferencia de una sola fuente.

Si sólo existe interferencia en el enlace ascendente o en el enlace descendente resultará para la ecuación (23) una expresión ligeramente diferente. No obstante, permanecen invariables las características principales del método de aislamiento del enlace anteriormente descrito.

\* Un enlace de satélite está constituido por una estación terrena transmisora, una estación terrena receptora y el trayecto correspondiente a través de un transpondedor de satélite con características especificadas, tales como la ganancia y las reducciones de potencia respecto a la saturación (back-offs) del transpondedor.

CUADRO 5

**Valores medios y desviaciones típicas del aislamiento de portadora requerido obtenidos (dB) por el método del aislamiento del enlace**

Portadora interferente \ Portadora deseada		MDF/MF						SCPC		Digital en banda ancha		TV/MF
		36 c. 2,5MHz	72 c. 5,0 MHz	132 c. 7,5 MHz	192 c. 10,0 MHz	312 c. 15,0 MHz	972 c. 36,0 MHz	MF	MDP	60 Mbit/s 30,0 MHz	120 Mbit/s 60,0 MHz	$2M_{p-p}$ Dispersión
MDF/MF	36 c./2,5 MHz	31,6/2,4 <sup>(1)</sup>	31,2/2,2	32,9/2,2	32,9/2,5	34,1/2,3	36,4/2,6	28,9/2,6	35,3/2,4	39,5/2,2	35,5/1,0	48,5/1,7
	72 c./5,0 MHz	32,3/2,1	29,5/1,9	31,6/1,9	31,9/2,2	33,4/2,1	36,1/2,1	27,6/2,5	34,1/2,3	38,3/2,1	34,7/0,7	47,1/1,5
	132 c./7,5 MHz	33,1/2,2	31,4/1,5	31,6/2,1	32,3/2,2	34,0/2,1	37,2/2,2	27,8/2,6	34,3/2,4	38,7/2,2	35,8/1,3	46,5/1,6
	192 c./10,0 MHz	32,9/2,7	32,7/1,8	33,7/1,9	31,2/2,6	34,8/2,3	37,3/2,3	28,7/2,6	35,1/2,5	39,6/2,4	36,1/1,3	46,4/1,8
	312 c./15,0 MHz	32,9/3,0	32,3/2,1	33,5/2,2	32,8/2,6	33,3/2,9	36,6/2,6	28,0/3,0	34,4/2,8	39,1/2,6	37,3/2,3	44,0/2,1
	972 c./36,0 MHz	31,3/2,6	29,3/2,1	34,4/1,7	31,8/2,2	32,2/2,1	33,4/2,3	27,0/2,6	33,5/2,4	38,5/2,2	34,4/1,3	38,0/2,8
SCPC	MF	32,8/2,9	31,9/3,0	33,3/3,1	32,5/3,0	33,1/2,8	34,5/2,9	32,4/1,9	30,9/2,0	35,1/3,0	32,3/2,5	51,5/3,2
	MDP	30,3/3,0	30,4/2,9	31,7/2,9	30,6/3,0	32,1/3,2	33,1/2,7	31,6/2,4	28,8/2,0	33,6/2,9	30,8/2,4	51,8/2,6
Digital en banda ancha	60 Mbit/s/30 MHz	23,6/3,0	23,0/2,3	24,3/2,3	23,3/2,8	24,4/2,7	26,8/2,9	18,7/2,8	27,9/2,7	30,8/2,2	28,4/1,6	30,5/2,1
	120 Mbit/s/60 MHz	29,9/2,4	29,3/1,4	30,5/1,5	29,6/2,2	30,7/2,0	33,1/2,2	25,0/2,1	34,2/2,0	32,7/2,4	31,1/1,8	34,8/2,0
TV/MF		25,5/3,2	24,8/2,6	25,0/3,0	25,2/3,0	26,0/3,0	26,7/2,3	19,6/3,4	27,1/2,8	31,0/2,7	31,4/2,6	32,6/2,6

<sup>(1)</sup> X/Y X: Valor medio del aislamiento de portadora requerido (dB).

Y: Desviación normal en sentido ascendente del aislamiento de portadora (dB).