

RECOMENDACIÓN UIT-R S.735-1*

Niveles máximos admisibles de la interferencia causada en una red de satélite geoestacionario, para un trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) del servicio fijo por satélite que forme parte de la RDSI, por otras redes de este servicio a frecuencias inferiores a 15 GHz

(1992-1993)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las emisiones de las estaciones terrenas y de la estación espacial de una red de satélite geoestacionario del servicio fijo por satélite pueden causar interferencias a otras redes similares cuando ambas funcionan en las mismas bandas de frecuencias;
- b) que es deseable que la interferencia causada a las redes del servicio fijo por satélite por transmisores de otras redes de ese servicio permita una utilización adecuada de la órbita;
- c) que el diseñador del sistema debe controlar la calidad de funcionamiento global de una red y poder obtener una calidad de servicio acorde con los criterios de calidad de funcionamiento recomendados por la UIT, expresados en función de la proporción de bits erróneos (BER);
- d) que es necesario proteger las redes del servicio fijo por satélite de la interferencia procedente de otras redes de ese servicio;
- e) que, a fin de que las empresas de explotación puedan controlar la calidad de servicio, debe limitarse la interferencia combinada, causada por las emisiones de todas las demás redes que podrá tener que tolerar una red;
- f) que, para limitar la interferencia combinada de todas las demás redes, debe limitarse también la interferencia procedente de cualquier otra red que tengan que tolerar las redes;
- g) que es deseable que el aumento de la interferencia procedente de otras redes de satélite sea una fracción controlada del ruido total que originaría las proporciones de bits erróneos estipuladas en la Recomendación UIT-R S.614;
- h) que no se prevé que los niveles de interferencia entre redes por satélite geoestacionario del servicio fijo por satélite por debajo de 10 GHz presenten una gran variación en el tiempo y que, en estas condiciones, es preferible definir el límite de interferencia admisible como una fracción de la potencia de ruido antes del demodulador, dado que esto permite la superposición de la interferencia de múltiples fuentes sobre la base de la adición de la potencia de radiofrecuencia;
- j) que en las bandas de frecuencias comprendidas entre 10 y 15 GHz, en las que puede producirse una gran atenuación debida a la propagación durante cortos periodos de tiempo, puede ser conveniente que los sistemas utilicen alguna forma de compensación a fin de contrarrestar el desvanecimiento de la señal;
- k) que la interferencia entre redes del servicio fijo por satélite puede presentar una distribución espectral no uniforme con crestas de banda estrecha y que las portadoras de banda estrecha son más sensibles a este tipo de interferencia,

* 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).

recomienda

1 que las redes de satélite geostacionario del servicio fijo por satélite que funcionen en bandas de frecuencias inferiores a 15 GHz se diseñen y exploten de manera que, en cualquier trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) que forme parte de una conexión RDSI a 64 kbit/s, puedan cumplirse las disposiciones del § 1 de la Recomendación UIT-R S.614 cuando la potencia de interferencia combinada de las emisiones de las estaciones terrenas y espaciales de todas las demás redes que funcionan en la(s) misma(s) banda(s) de frecuencia no rebese, a la entrada del demodulador y en condiciones de atmósfera despejada en los trayectos de interferencia, los valores siguientes:

1.1 el 25% de la potencia de ruido total del sistema en condiciones de atmósfera despejada cuando la red no practique la reutilización de frecuencias;

1.2 el 20% de la potencia de ruido total del sistema en condiciones de atmósfera despejada cuando la red practique la reutilización de frecuencias;

2 que para las redes de satélite geostacionario del servicio fijo por satélite referidas en el § 1 anterior, la interferencia entre redes causada por las emisiones de las estaciones terrenas y la estación espacial de cualquier otra red que funcione en la(s) misma(s) banda(s) de frecuencia se limite al 6% de la potencia de ruido total del sistema en condiciones de atmósfera despejada;

3 que la potencia máxima de ruido causado por la interferencia en dicha red se calcule a partir de los valores siguientes de la ganancia de la antena receptora de la estación terrena en una dirección que forme un ángulo φ (grados) con la dirección del haz principal:

$$G = 32 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad 1^\circ \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G = -10 \quad \text{dBi} \quad \text{para} \quad 48^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

4 que las Notas siguientes se consideren parte integrante de esta Recomendación:

NOTA 1 – Para el cálculo de los límites señalados en los § 1.1, 1.2 y 2 debe suponerse que la potencia de ruido total del sistema a la entrada del demodulador es de naturaleza térmica y comprende todas las contribuciones de ruido entre sistemas, así como el ruido causado por la interferencia de otros sistemas.

Cuando la interferencia no es de naturaleza térmica, el nivel admisible de interferencia en una portadora digital debe basarse en la degradación del objetivo de calidad de funcionamiento para largos periodos que figura en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R S.614.

NOTA 2 – Para este cálculo de interferencia aplicado a redes de satélite que funcionan en un entorno con desvanecimiento debe suponerse que el nivel de potencia de la portadora se reduce hasta que la característica de error del sistema coincide con la BER y el porcentaje del mes antes referidos (véase el Anexo 1 para más detalles).

NOTA 3 – En esta Recomendación se supone que la interferencia procedente de otras redes de satélite es de naturaleza continua a frecuencias inferiores a 10 GHz; se requiere ulterior estudio con respecto a los casos en los que la interferencia no es de naturaleza continua por encima de 10 GHz.

NOTA 4 – Cuando la interferencia se caracteriza por una distribución espectral no uniforme, puede haber casos en los que, a los efectos de la concepción del sistema, el diseñador dé un mayor margen de interferencia a las portadoras de anchura de banda estrecha con relación al ruido total del sistema. En el Anexo 2 se presenta detalladamente un modelo elaborado para tratar este aspecto.

NOTA 5 – Para las redes que utilizan telefonía con codificación MIC de 8 bits, véase la Recomendación UIT-R S.523.

NOTA 6 – En algunos casos puede ser necesario limitar el valor de la interferencia procedente de una sola fuente a un valor inferior al que se especifica en el § 2 anterior a fin de no rebasar el valor total recomendado en el § 1. En otros casos, especialmente en arcos congestionados de la órbita de los satélites geoestacionarios, las administraciones pueden acordar bilateralmente utilizar, para la interferencia procedente de una sola fuente, valores mayores que los especificados en el § 2 sin embargo, al hacer los cálculos para comprobar que no se rebasa el valor total recomendado en el § 1, no debe computarse ninguna potencia de ruido de interferencia en cuanto exceda del valor recomendado en el § 2.

NOTA 7 – Es urgente estudiar la aceptabilidad de un aumento de los valores máximos del ruido de interferencia total recomendados en el § 1.

NOTA 8 – Si bien esta Recomendación tiene un límite de frecuencia superior de 15 GHz, no se dispone de manera uniforme en todo el mundo de los datos de propagación correspondientes a periodos cortos en la gama de frecuencias de 10 a 15 GHz, y es necesario seguir examinando dichos datos para confirmar un margen de interferencia apropiado que cumpla los § 1.2 y 1.3 de la Recomendación UIT-R S.614.

NOTA 9 – Es urgente estudiar los márgenes de ruido de interferencia apropiados para los sistemas que funcionan en frecuencias superiores a 15 GHz.

NOTA 10 – Los criterios de interferencia de esta Recomendación se aplican únicamente a la transmisión de los servicios digitales contemplados en las disposiciones de la Recomendación UIT-T G.821 y la Recomendación UIT-R S.614. La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones debe seguir estudiando lo concerniente a los objetivos de calidad de funcionamiento y los criterios de interferencia apropiados para las transmisiones digitales a velocidades distintas de 64 kbit/s en una conexión RDSI a medida que se reciba información sobre los requisitos de calidad de dichos servicios.

NOTA 11 – Los principios de esta Recomendación pueden aplicarse también a las redes digitales por satélite con objetivos de calidad para periodos largos que difieren de los que figuran en la Recomendación UIT-R S.614. Este es un tema para ulterior estudio.

NOTA 12 – Puede ocurrir que haya que dedicar especial atención a las portadoras digitales de banda estrecha que experimentan interferencia causada por transmisiones analógicas de televisión. Para dichos casos con dispersión de energía artificial a la frecuencia de trama se aplican las relaciones de protección de la Recomendación UIT-R S.671. Este es un tema para ulterior estudio.

NOTA 13 – También debe prestarse atención a la interferencia procedente de sistemas de acceso múltiple por distribución en el tiempo (ADMT) cuando, debido a la superposición de las ráfagas a la entrada del transpondedor de un sistema interferido, la BER aumenta en comparación con la correspondiente a una atribución síncrona de las ráfagas.

NOTA 14 – Para una mayor eficiencia en la utilización de la órbita, se aconseja que las redes por satélite que funcionan en entornos de alta pluviosidad utilicen algún tipo de compensación del desvanecimiento.

NOTA 15 – Esta Recomendación está estrechamente relacionada con la Recomendación UIT-R S.614, lo que habrá de tenerse en cuenta en toda revisión futura de cualquiera de estas dos Recomendaciones.

NOTA 16 – En los Anexos 1 y 2 figura información relativa al nivel admisible de interferencia en un trayecto digital por satélite de la RDSI.

ANEXO 1

Consideraciones sobre el nivel admisible de interferencia en un trayecto digital por satélite de la RDSI

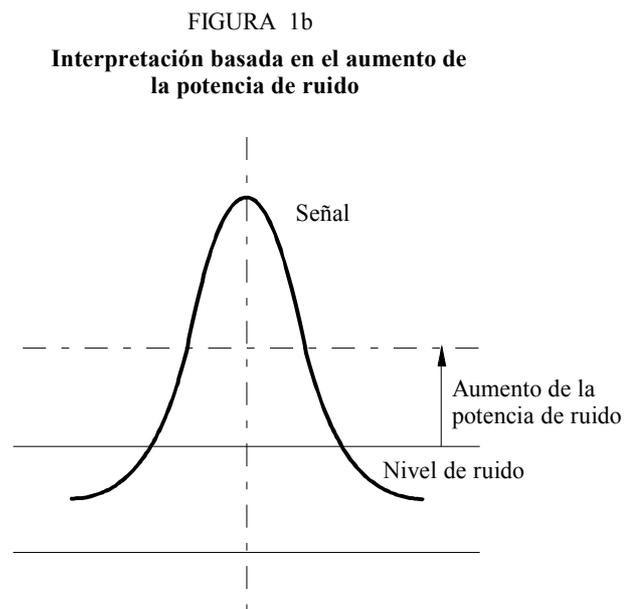
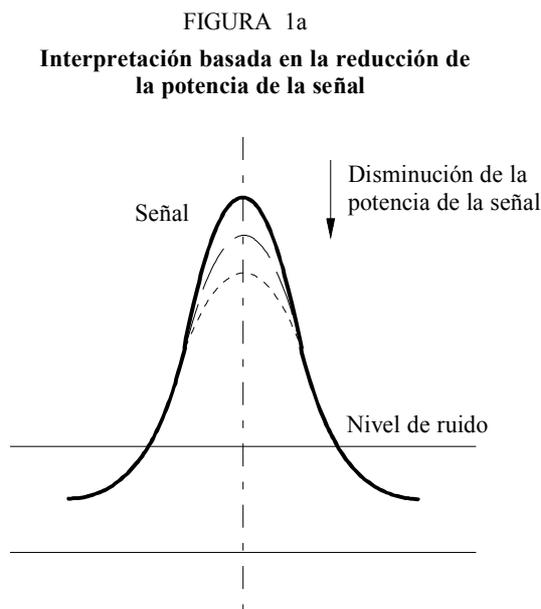
La elaboración de una Recomendación sobre el nivel admisible de interferencia en un trayecto digital por satélite de la RDSI es esencial si las redes por satélite han de tener alguna base para la coordinación, o para que los diseñadores de sistemas incluyan cierto margen de interferencia en los cálculos de los enlaces.

Durante la preparación de esta Recomendación se observó que había dos maneras de interpretar el nivel de ruido a que se refiere la Recomendación UIT-R S.523, que trata de los niveles máximos admisibles de la interferencia en un sistema de telefonía con codificación MIC de 8 bits del SFS.

La expresión utilizada en el § 1.1 de la Recomendación UIT-R S.523 es:

«el nivel de potencia interferente no debe exceder del 25% de la potencia total de ruido cuya presencia a la entrada del demodulador da lugar a una proporción de bits erróneos de 1×10^{-6} ».

El punto en cuestión era el nivel de potencia total de ruido que había de aplicarse en la Recomendación cuando el nivel de la portadora fuera mayor que el que corresponde a una BER de 10^{-6} . Un método consiste en reducir el nivel de la portadora como se indica en la Fig. 1a de manera que la BER sea de 10^{-6} . El otro método consiste en aumentar el ruido como se indica en la Fig. 1b hasta el nivel con el que se obtiene una BER de 10^{-6} . En los debates de recientes reuniones se convino en que la primera interpretación era apropiada.



En la preparación de esta Recomendación se debatió asimismo si la interferencia admisible debía basarse en los objetivos de característica de error de la RDSI (Recomendación UIT-R S.614) o en una relación I/N .

A continuación se resumen los debates que condujeron a la elaboración de esta Recomendación.

Método de la relación I/N

En la interpretación acordada, es decir la disminución del nivel de la portadora, que se ilustra en la Fig. 1a, el nivel de potencia total de ruido corresponde al nivel de ruido de funcionamiento, y este nivel es independiente del nivel de la portadora. Dado que el nivel de ruido que ha de aplicarse en la Recomendación es constante, independientemente del nivel de la portadora, ya no es necesario referirse en ésta al valor de la BER.

Así, la mayoría se mostró favorable a una propuesta que describiese el nivel de interferencia admisible simplemente en términos de ruido total, sin referirse a la BER, tanto en la nueva Recomendación para la aplicación RDSI a 64 kbit/s como en la Recomendación UIT-R S.523.

Debe observarse que este método no excluye el empleo de la relación C/I en una coordinación. Cuando es conveniente utilizar la relación C/I , el valor mínimo admisible de C/I puede calcularse mediante la relación entre el nivel C de la portadora y la interferencia admisible I calculada a partir del ruido total del sistema. En este caso, el valor C/I admisible depende del nivel de la portadora del sistema interferido. No obstante, el valor absoluto del nivel máximo admisible de la portadora interferente no es afectado por el nivel de la portadora del sistema interferido.

Método de la BER

Por otra parte, era necesario conservar la BER en una Recomendación sobre interferencia, dado que no se puede suponer que toda la interferencia pueda tratarse como ruido gaussiano. Para las excepciones al trato de la interferencia como ruido gaussiano, debe utilizarse la característica de error BER en el cálculo de la interferencia. Esto es especialmente cierto si se determina que en muchos otros casos el efecto de la interferencia es más importante que el del ruido gaussiano. Ejemplos de dichas excepciones son los siguientes: interferencia de señales de televisión en sistemas SCPC, de señales de televisión en portadoras de datos a velocidades intermedias, interferencia de telefonía MF de alta capacidad con dispersión de energía en portadoras sensibles, e interferencia de un sistema AMDT en un sistema digital cuando las ráfagas AMDT se superponen en el tiempo en el satélite interferido. Además, se consideró que aún no se habían estudiado a fondo los diversos tipos de interferencia, incluidos los efectos de la corrección de errores en recepción (FEC) y de diferentes separaciones de frecuencia entre portadoras.

Finalmente se consideró que el planteamiento prudente consistente en incluir la característica de error BER se conservaría en un anexo, quedando entendido que esta Recomendación sobre la interferencia se basa en la suposición de que ésta es de naturaleza similar al ruido.

ANEXO 2

**Modelo de margen de interferencia
para portadoras de banda estrecha**

1 Las portadoras de satélite de anchura de banda inferior a 12,5 MHz que proporcionan conexiones de 64 kbit/s son más afectadas por los picos de interferencia de alta densidad de potencia que las portadoras de mayor anchura de banda.

En estos casos puede fijarse, a los efectos del diseño, un margen de interferencia adicional como sigue:

- en el caso de portadoras cuya anchura de banda es inferior a 2,5 MHz, puede añadirse hasta un 20% a los porcentajes del ruido total del sistema que figuran en los § 1.1, 1.2 y 2 del *recomienda*;
- en el caso de portadoras cuya anchura de banda está comprendida entre 2,5 MHz y 12,5 MHz, puede añadirse hasta un $X\%$ a los porcentajes del ruido total del sistema que figuran en los § 1.1, 1.2 y 2 del *recomienda*.

El valor de $X\%$ decrece linealmente entre el 20% y el 0% en función de la anchura de banda.

Estos márgenes fijados en función de la anchura de banda se basan en el modelo de interferencia que se describe en el punto siguiente.

Las empresas de explotación de satélites pueden adoptar estos márgenes al diseñar sus sistemas.

2 Modelo para el margen de interferencia

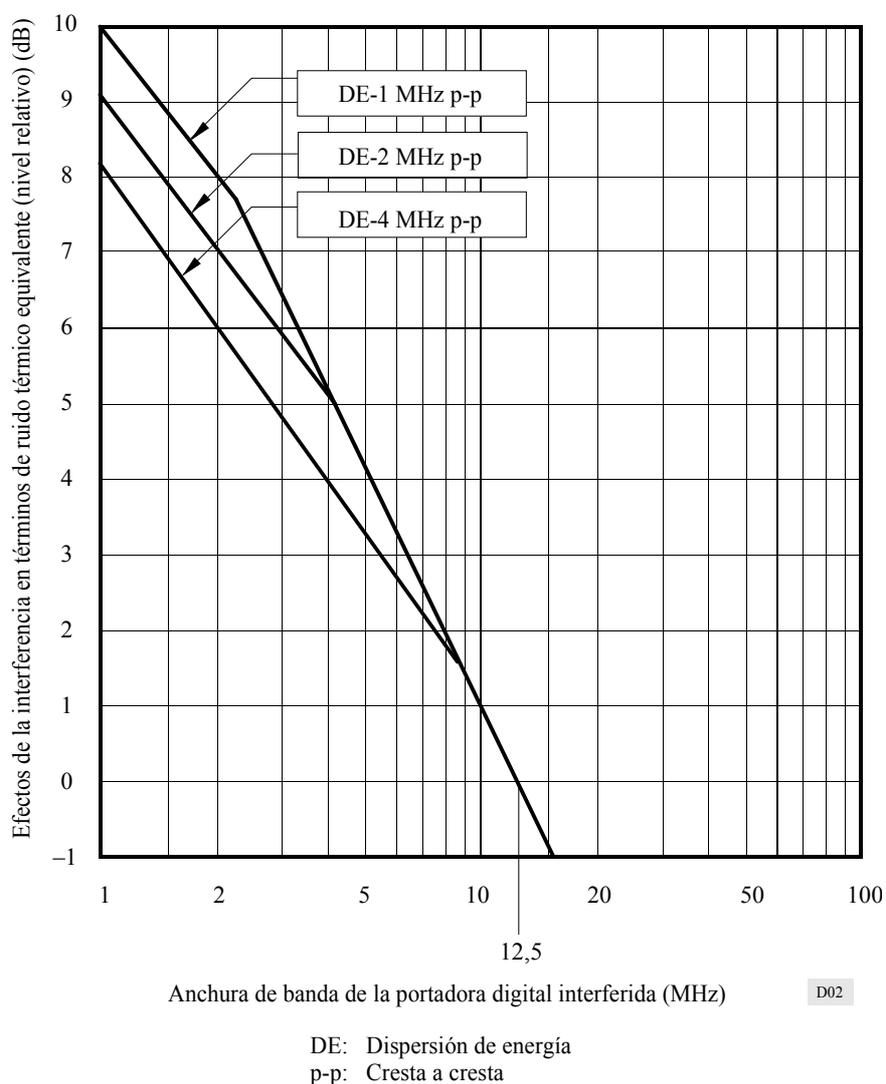
Una portadora cofrecuencia de MF/TV con dispersión de energía (DE) es la señal interferente más perjudicial para las portadoras de banda estrecha.

La Fig. 2 ilustra los resultados de una serie de medidas. Las curvas dan la cantidad de ruido térmico que causaría la misma degradación de la BER que las señales interferentes. Las curvas de la Fig. 2, que son bastante poco sensibles a la BER en el canal interferido, están normalizadas fijando arbitrariamente el nivel de 0 dB a 12,5 MHz.

Cuando la banda de una portadora digital deseada es suficientemente ancha (de más de 12,5 MHz, que representa la anchura de banda que contiene la mayor parte de la energía de una portadora MF/TV interferente), puede haber en esa banda más de una señal interferente, analógica o digital. En este caso la interferencia puede representarse mediante una densidad espectral de potencia constante que causa en promedio un nivel constante de degradación independiente de la anchura de banda.

Para las anchuras de banda comprendidas entre 2,5 MHz y 12,5 MHz, se vuelve dominante la interferencia causada por una señal MF/TV cofrecuencia con dispersión de energía. La degradación del caso más desfavorable de la Fig. 2 tiene una pendiente lineal con una caída de 7 dB entre los puntos situados a 2,5 MHz y 12,5 MHz.

FIGURA 2
**Interferencia causada por una señal MF/TV
 cofrecuencia con dispersión de energía**



Las anchuras de banda inferiores a 2,5 MHz corresponden a portadoras de datos de baja velocidad, que son muy sensibles a la interferencia MF/TV. En esta gama de anchuras de banda, en las que la interferencia directa de la MF/TV cocanal se evita normalmente mediante la coordinación de frecuencias, se adopta en este modelo un nivel máximo constante de degradación aceptable como objetivo de esa coordinación de frecuencias.

En la Fig. 3 se muestra el modelo para el caso más desfavorable. En este modelo, la interferencia es un parámetro que depende de la anchura de banda.

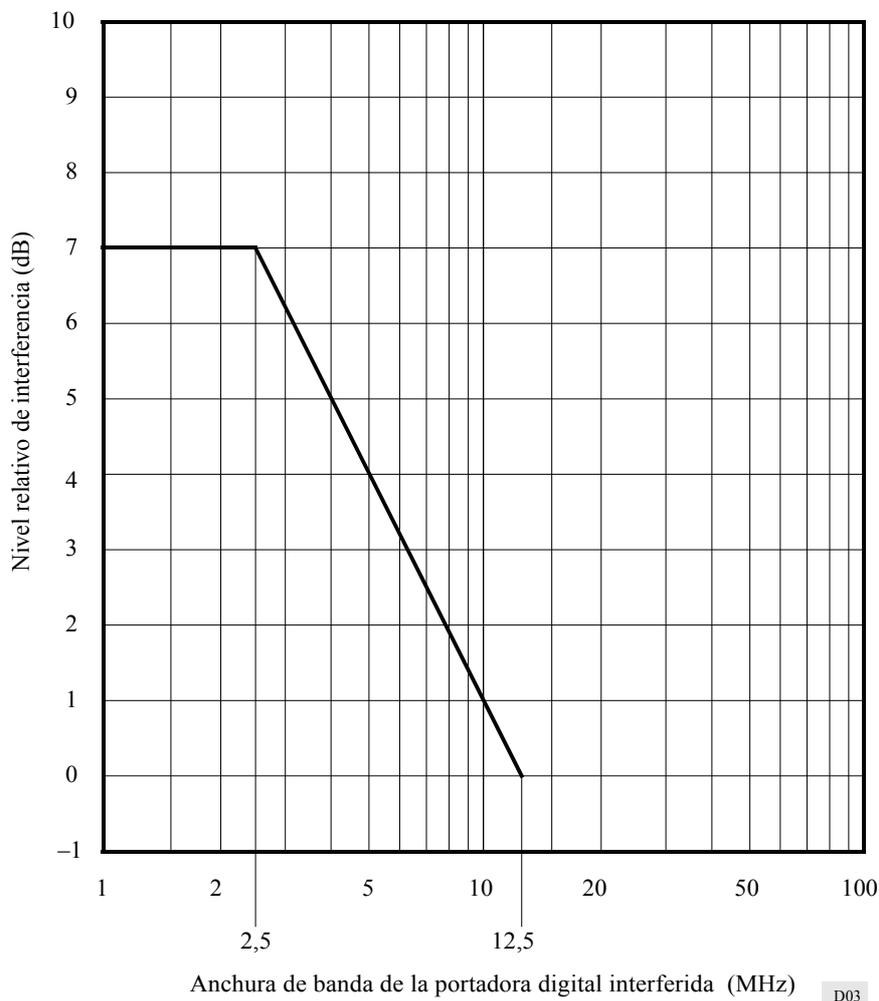
Dado que el factor 7 dB de la Fig. 3 corresponde a un factor 5 en escala lineal, pueden adoptarse los márgenes siguientes para la interferencia procedente de una sola fuente:

- 6% del ruido total del sistema para anchuras de banda superiores a 12,5 MHz;
- 30% del ruido total del sistema para anchuras de banda inferiores a 2,5 MHz;
- interpolación lineal entre 2,5 MHz y 12,5 MHz.

Para el caso de interferencia combinada se deducen los valores siguientes:

- 15% del ruido total del sistema para anchuras de banda superiores a 12,5 MHz (esto se basa en un factor 2,5 entre la interferencia combinada y de una sola fuente de naturaleza térmica);
- 40% del ruido total del sistema para anchuras de banda inferiores a 2,5 MHz (esto supone la presencia de una portadora MF/TV cofrecuencia y de interferencia adicional de naturaleza térmica equivalente a 1,5 veces la que se causa cuando no hay interferencia MF/TV);
- interpolación lineal entre 2,5 MHz y 12,5 MHz.

FIGURA 3
Modelo de interferencia



En la práctica, estos niveles de interferencia, que dependen de la anchura de banda, pueden redondearse ligeramente para que correspondan a lo enunciado de manera simplificada en el § 1 de este Anexo, en el que se requiere un aumento adicional del 20% sobre los porcentajes que figuran en los § 1.1, 1.2 y 2 del *recomienda* para portadoras de anchura de banda inferior a 2,5 MHz, tanto para la interferencia procedente de una sola fuente como para la interferencia combinada. El § 1 de este Anexo es la regla que se sugiere seguir en la aplicación práctica del método dependiente de la anchura de banda.