

MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA INTERFERENCIA

(1999)

1 Introducción

Durante la reunión que celebró en octubre de 1993 el Grupo Mixto de Trabajo (GMT) 10-11S de Radiocomunicaciones se estableció un Grupo de Relator Especial para elaborar métodos de cálculo de la interferencia en respuesta a una Cuestión de la Oficina de Radiocomunicaciones (BR) (véase la Cuestión UIT-R 223/11). El mandato de este Grupo se amplió en la reunión del GMT 10-11S de noviembre-diciembre de 1994 para que considerase igualmente tanto la compatibilidad entre las transmisiones del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) en las bandas de guarda de los apéndices 30 y 30A (actualmente, apéndices S30 y S30A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y el servicio de operaciones espaciales como la viabilidad técnica de ampliar la aplicación del número S5.492* del RR a los Planes en las Regiones 1 y 3 para la introducción de portadoras del servicio fijo por satélite (SFS) en estos Planes. Las diferentes tareas confiadas a este Grupo figuran en el Anexo B al Anexo 4 del Doc. 10-11S/1 (Chairman's Report, 31 October 1995).

El objeto de este Informe es presentar los nuevos resultados de los trabajos efectuados por algunos de los participantes en el Grupo desde diciembre de 1994, resumir los resultados de estos estudios y elaborar un proyecto de nueva Recomendación donde se propongan los criterios actualizados y métodos asociados que deben tenerse en cuenta para la futura revisión de los Planes de los Apéndices S30/30 y S30A/30A del RR para las Regiones 1 y 3.

En el § 2 figuran las actuales relaciones de protección del apéndice 30 del RR y en él se describen las metodologías aplicadas por la BR para evaluar la situación de interferencia entre las asignaciones analógicas o digitales. Dicho punto incluye la descripción del modelo provisional proporcionado a la BR en octubre de 1993 por el GMT 10-11S a fin de evaluar la interferencia causada por las portadoras digitales a las portadoras analógicas normalizadas. Además, se hacen nuevas consideraciones sobre las hipótesis efectuadas para aplicar este modelo en el programa informático MSPACE de la UIT. También se hace referencia a un nuevo método general de determinación de la interferencia que permite realizar los cálculos para distintos desplazamientos de frecuencia y diferentes tipos de señales deseadas e interferentes, basándose en un conjunto de plantillas de relación de protección (Doc. 10-11S/89 – Protection masks and associated interference calculation methods for the BSS Plans, 7 October 1996 y Doc. 10-11S/TEMP/61 – Preliminary Draft Recommendation ITU-R BO.[AAA/11] – Protection masks and associated interference calculation methods to be used in Appendices 30 and 30A BSS Plans of the Radio Regulations, October 1996).

El § 3 presenta los resultados principales de las distintas contribuciones recibidas hasta ahora sobre cálculos de interferencia entre portadoras del SRS (Doc. 10-11S/1 – Chairman's Report, Annexes 1 and 2 to Attachment 2, 31 October 1995; Doc. 10-11S/27 – Measured protection ratios for PAL FM television interference into digital television transmissions in the BSS band, 21 March 1996; France's Contribution to the Rapporteur's Group, 21 March 1996; Doc. 10-11S/84 – Technical parameters for the modernization of the WARC-BS Plan, 4 October 1996; Doc. 10-11S/57 (Add. 1) – Further modifications to Appendices 30/30A procedures not related to the simplification of the procedures, 11 October 1996; Doc. 10-11S/91 (Add. 1) – Thoughts and comments on a proposal for a protection ratio calculation method for narrow band digital satellite signals, 15 October 1996; Informe UIT-R BO.634 – Servicio de radiodifusión por satélite (sonora y de televisión). Medición de las relaciones de protección contra las interferencias para la planificación de sistemas de radiodifusión sonora y de televisión; Doc. 10-11S/82 – Liaison statement from WP 4A, 24 November 1994).

* *Nota de la Secretaría* – El número S5.492 del RR (edición de 1998), actualmente en vigor, sustituye al número 846 del RR (edición de 1994).

En el § 4 aparecen los resultados preliminares sobre la compartición entre las transmisiones del SRS y los servicios espaciales, basándose en la información disponible en los Informes y contribuciones pertinentes (Informe UIT-R BO.807 – Emisiones no deseadas producidas por estaciones espaciales del servicio de radiodifusión por satélite. Informe UIT-R BO.1076 – Consideraciones relativas a la acomodación de las funciones de servicio de los vehículos espaciales (telemedida, telemando y seguimiento – TTS) dentro de las bandas del servicio de radiodifusión por satélite y de los enlaces de conexión; Doc. 10-11S/153 – Estudio de la interferencia causada a un canal de televisión por las portadoras de las señales de telemando del satélite, 17 de junio de 1981; Doc. 10-11S/78 – Servicios de radiodifusión por satélite europeo – Consideraciones relativas a la acomodación de las funciones de servicio de vehículos espaciales (TTC) dentro de las asignaciones de frecuencias del servicio de radiodifusión por satélite, 23 de septiembre de 1981; Doc. 10-11S/8 – Compatibilidad entre los enlaces de servicio de operaciones espaciales y los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión (relación de protección), 13 de mayo de 1983; Doc. 10-11S/9 – Estudio de la interferencia causada por las señales de televisión a las señales de operaciones espaciales en los satélites de radiodifusión de las Regiones 1 y 3, 13 de mayo de 1983; Doc. 10-11S/26 – Viabilidad de la ubicación de los satélites de radiodifusión, 19 de mayo de 1983; Doc. 10-11S/35 – Consideraciones relativas a la acomodación de las funciones del servicio de los vehículos espaciales (TTS) dentro de las bandas del servicio de radiodifusión por satélite, 3 de junio de 1983 y Corr. 1, 6 de septiembre de 1983).

El § 5 contiene información preliminar sobre la interferencia causada por las transmisiones del SFS a las asignaciones del Plan del SRS (Recomendación UIT-R S.483 – Nivel máximo admisible de la interferencia causada en un canal de televisión de una red de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite con modulación de frecuencia, por otras redes de este servicio; Doc. 4A/TEMP/36 – Preliminary Draft modification of Recommendation 483-2, 21 November 1994; Doc. 4A/TEMP/38 – Draft revision of Report 867 – Maximum permissible level of FM/TV interference in single-channel-per-carrier and intermediate rate digital transmissions in networks of the fixed-satellite service, 21 November 1994; Doc. 4A/TEMP/39 – Draft new Report – Interference from FDM/FM, QPSK and TV/FM signals into analogue TV/FM signals, 21 November 1994; Doc. 10-11S/45 – Use of BSS Plan Assignments for FSS transmissions, 29 August 1996).

En el § 6 se indican las opiniones de este Grupo de Relator Especial sobre la posible evolución de las relaciones de protección existentes que deben utilizarse en el futuro para los Planes del SRS.

2 Relación de protección y metodología de los apéndices 30 y 30A del RR

2.1 Relaciones de protección y metodología aplicadas antes de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1997) (CMR-97) (véase la Nota 1)

NOTA 1 – Véanse en el § 2.2 las relaciones de protección y metodología aplicadas tras las decisiones de la CMR-97.

2.1.1 Relaciones de protección aplicables antes de la CMR-97

Las actuales relaciones de protección definidas en el apéndice 30 del RR proceden del § 3.1.1 del Informe UIT-R BO.634 que presenta las plantillas de protección utilizadas para el establecimiento de los Planes del SRS en las Regiones 1 y 3 (Fig. 1a, curva B del Informe UIT-R BO.634) y en la Región 2 (Fig. 1b del Informe UIT-R BO.634).

En las Regiones 1 y 3, las relaciones de protección son:

- 31 dB para el caso cocanal;
- 15 dB para los canales adyacentes inferior y superior con una separación entre las frecuencias centrales de 19,18 MHz.

Estas relaciones de protección corresponden a señales de TV-MF de las normas PAL/SECAM normalizadas con una desviación de frecuencia de 13,5 MHz/V y una dispersión de energía de 600 kHz cresta a cresta.

En la Región 2, las relaciones de protección son las siguientes:

- 28 dB para el caso cocanal;
- 13,6 dB para los primeros canales adyacentes inferior y superior con una separación entre las frecuencias centrales de 14,58 MHz;
- –9,9 dB para el segundo canal adyacente inferior y el segundo canal adyacente superior con una separación entre las frecuencias centrales de 29,16 MHz.

Estas relaciones de protección corresponden a las señales de TV-MF NTSC normalizadas con una desviación de frecuencia de 13,5 MHz/V y una dispersión de energía de 600 kHz cresta a cresta.

2.1.2 Cálculo del margen de protección equivalente (EPM)/margen de protección global equivalente (OEPM) en los casos en que intervienen únicamente señales analógicas

Para evaluar situaciones de interferencia en las Regiones 1 y 3, la BR calcula el EPM de la forma siguiente:

$$EPM = -10 \log (10^{-M_{cc}/10} + 10^{-M_{lac}/10} + 10^{-M_{uac}/10})$$

donde:

$$M_{cc}: \text{ margen cocanal} \\ = (C/I)_{cc} - PR_{cc}$$

$$M_{lac}: \text{ margen del canal adyacente inferior} \\ = (C/I)_{lac} - PR_{lac}$$

$$M_{uac}: \text{ margen del canal adyacente superior} \\ = (C/I)_{uac} - PR_{uac}$$

y

PR_{cc} : relación de protección (PR, *protection ratio*) cocanal = 31 dB

PR_{lac} y PR_{uac} : respectivamente, las relaciones de protección de canales adyacentes inferior y superior = 15 dB

$(C/I)_{cc}$, $(C/I)_{lac}$, $(C/I)_{uac}$: respectivamente, las relaciones (C/I) combinadas cocanal, de canales adyacentes inferior y superior.

El mismo cálculo se realiza para los enlaces de conexión en las Regiones 1 y 3 basándose en una PR cocanal de 40 dB y una PR de canal adyacente de 21 dB.

Para evaluar la interferencia global de enlace puede utilizarse el cálculo del OEPM para las Regiones 1 y 3, que es el método que aparece en el § 1.12 del anexo 3 al apéndice 30A del RR, en las futuras revisiones de los Planes de la CMR-97.

Para evaluar la situación de interferencia en la Región 2, la BR calcula el OEPM de la forma siguiente:

$$OEPM = -10 \log (10^{-M_{cc}/10} + 10^{-M_{flac}/10} + 10^{-M_{fuac}/10} + 10^{-M_{slac}/10} + 10^{-M_{suac}/10})$$

donde:

$$M_{cc}: \text{ margen cocanal} \\ = (C/I)_{cc} - PR_{cc}$$

$$M_{flac}: \text{ margen del primer canal adyacente inferior} \\ = (C/I)_{flac} - PR_{flac}$$

$$M_{fuac}: \text{ margen del primer canal adyacente superior} \\ = (C/I)_{fuac} - PR_{fuac}$$

$$M_{slac}: \text{ margen del segundo canal adyacente inferior} \\ = (C/I)_{slac} - PR_{slac}$$

$$M_{suac}: \text{ margen del segundo canal adyacente superior} \\ = (C/I)_{suac} - PR_{suac}$$

y

PR_{cc} : relación de protección cocanal = 28 dB

PR_{flac} y PR_{fuac} : respectivamente, las relaciones de protección de los primeros canales adyacentes inferior y superior) = 13,6 dB

PR_{slac} y PR_{suac} : respectivamente, las relaciones de protección de los segundos canales adyacentes inferior y superior) = -9,9 dB

$(C/I)_{cc}$, $(C/I)_{flac}$, $(C/I)_{fuac}$, $(C/I)_{slac}$, $(C/I)_{suac}$: respectivamente, las relaciones C/I combinadas cocanal, de primer canal adyacente inferior, de primer canal adyacente superior, de segundo canal adyacente inferior y de segundo canal adyacente superior.

En el Manual del programa informático MSPACE figuran los detalles del cálculo de la potencia de la señal deseada, C y la potencia de la señal no deseada, I .

Toda asignación se considera afectada si una modificación/adición propuesta a un Plan degrada los valores del EPM o del OEPM de referencia, si eran positivos, a un valor inferior a $-0,25$ dB o, si eran negativos, más de $0,25$ dB.

2.1.3 Cálculo del EPM/OEPM en los casos en que intervienen señales analógicas y digitales

Con la aparición de los sistemas de radiodifusión de televisión digital, se hizo evidente la necesidad de establecer un modelo para predecir la interferencia procedente de las portadoras de televisión digital y que afecta a las mismas. En el Informe UIT-R BO.2008 (Radiodifusión digital de múltiples programas por satélite) aparece información adicional sobre estos sistemas de televisión digital.

Durante la reunión del GMT 10-11S celebrada en octubre de 1993 se proporcionó a la BR un modelo provisional para evaluar la interferencia causada por las portadoras digitales a las portadoras analógicas normalizadas.

Este modelo se basa en el principio de que para los sistemas digitales propuestos toda la interferencia provocada a los sistemas analógicos procede de la anchura de banda superpuesta y, por consiguiente, se considera como una interferencia cocanal y debe compararse con la PR cocanal aplicable al Plan.

Como el espectro de potencia de los sistemas digitales es esencialmente plano, la potencia de interferencia, teniendo en cuenta los factores de discriminación aplicables (por ejemplo, antena descentrada, polarización, haz del satélite, etc.), se determina multiplicando la relación entre las anchuras de banda superpuestas y la anchura de banda necesaria del sistema propuesto por la potencia del canal total.

La contribución al EPM o al OEPM debida a la señal digital es el sumatorio de la diferencia (dB) entre la relación de potencias portadora/interferencia cocanal o la relación de potencias portadora/interferencia global así calculada y la PR cocanal.

A continuación se indica el EPM o el OEPM incluidas las contribuciones de otras portadoras u otras señales.

A efectos de cálculo, se supone en lo que sigue que las nuevas portadoras de televisión digital, denominadas D_{TV} , se transmiten en los Planes de los apéndices 30 y 30A del RR con una anchura de banda de forma «cuadrada» de B (MHz).

Supóngase que:

- $I_{D_{TV}}$ es el nivel de potencia total de una nueva portadora digital;
- b (MHz) es la anchura de banda de esta portadora digital superpuesta en la anchura de banda de la portadora analógica deseada;
- B es la anchura de banda necesaria de la portadora interferente (D_{TV}),

la interferencia resultante provocada por una portadora digital en una portadora analógica deseada es, por consiguiente:

$$i_{D_{TV}} = I_{D_{TV}} - 10 \log (B/b) - K$$

siendo K un coeficiente de ponderación positivo que depende del tipo de la portadora digital, de los parámetros de modulación de la portadora analógica deseada (tipo de señal, desviación de frecuencia, lado inferior o superior del canal) y de la separación entre las frecuencias centrales de cada portadora.

Se supone que K toma un valor positivo y $K = 0$ corresponde al caso más desfavorable, pero es necesario determinar los coeficientes K mediante simulaciones o mediciones experimentales y se insta a los organismos a que lleven a cabo dichas simulaciones o mediciones e informen de sus resultados al UIT-R. En el § 3.1 se considera con más detenimiento el factor K .

En consecuencia, el EPM para una portadora analógica deseada en los Planes de las Regiones 1 y 3 (apéndices 30 y 30A del RR), teniendo en cuenta las portadoras digitales interferentes, pasa a ser:

$$EPM = \left[\left(\sum_1^k \frac{C}{I_{cc}} \oplus \sum_1^r \frac{C}{i_{D_{TV}}} \right) - PR_{cc} \right] \oplus \left[\left(\sum_1^m \frac{C}{I_{lac}} \right) - PR_{lac} \right] \oplus \left[\left(\sum_1^n \frac{C}{I_{uac}} \right) - PR_{uac} \right]$$

Haciendo las mismas consideraciones, el nuevo OEPM para una portadora analógica deseada en los Planes de la Región 2 (apéndices 30 y 30A del RR) se obtiene mediante la fórmula:

$$OEPM = \left[\left(\sum_1^k \frac{C}{I_{cc}} \oplus \sum_1^r \frac{C}{i_{DTV}} \right) - PR_{cc} \right] \oplus \left[\left(\sum_1^m \frac{C}{I_{lac}} \right) - PR_{lac} \right] \oplus \left[\left(\sum_1^n \frac{C}{I_{uac}} \right) - PR_{uac} \right] \\ \oplus \left[\left(\sum_1^p \frac{C}{I_{slac}} \right) - PR_{slac} \right] \oplus \left[\left(\sum_1^q \frac{C}{I_{suac}} \right) - PR_{suac} \right]$$

siendo:

- \sum y \oplus : sumatorio habitual $(C/I)^{-1}$
- k, m, n : respectivamente, los números de las *portadoras analógicas* cocanal, interferente de canal adyacente inferior e interferente de canal adyacente superior
- p, q : respectivamente, los números de los segundos canales adyacentes inferior y superior que interfieren a *portadoras analógicas*, en el caso de los Planes de la Región 2
- r : número de las *portadoras digitales* que tienen anchura de banda superpuesta con la anchura de banda de la portadora analógica deseada
- I_{cc}, I_{lac}, I_{uac} : respectivamente, los niveles de interferencia cocanal y de los canales adyacentes inferior y superior que interfieren a *portadoras analógicas*
- I_{slac}, I_{suac} : respectivamente, los niveles de interferencia de los segundos canales adyacentes inferior y superior que interfieren a *portadoras analógicas*, en el caso de los Planes de la Región 2
- i_{DTV} : niveles de interferencia creados por las *portadoras digitales*
- $PR_{cc}, PR_{lac}, PR_{uac}$: respectivamente, los valores de PR establecidos para el caso cocanal y los canales adyacentes inferior y superior a fin de proteger las portadoras analógicas
- PR_{slac}, PR_{suac} : respectivamente, los valores de PR establecidos para los segundos canales adyacentes inferior y superior con objeto de proteger las portadoras analógicas, en el caso de los Planes de la Región 2
- C : nivel de la potencia de la portadora analógica deseada.

Tras la reunión del GMT 10-11S de octubre de 1993 se implantó este modelo (con $K=0$) en el programa informático MSPACE.

Además, la BR identificó una nueva dificultad en el caso en que la adición propuesta al Plan contiene asignaciones de frecuencias con una anchura de banda de 33 MHz y una separación de canales distinta de la indicada en el Plan. De esta forma existe la posibilidad de tener una anchura de banda superpuesta y, por consiguiente, recibir interferencia de las modificaciones/adiciones propuestas con segundos canales adyacentes en los Planes de las Regiones 1 y 3 con anchuras de banda de 33 MHz o causar interferencia a las mismas.

Por último, el Grupo observó que las hipótesis realizadas para elaborar el programa informático MSPACE de la UIT, basado en planes de frecuencias, PR y parámetros técnicos fijos, debía actualizarse para evaluar la interferencia entre las asignaciones normalizadas y no normalizadas. Una forma de resolver este problema podría ser introducir en el programa el valor exacto de la PR proporcionado por las plantillas de protección existentes, actualizadas o nuevas asociadas a cada uno de los distintos tipos de asignaciones y desplazamiento de frecuencias. En el caso de plantillas de protección actualizadas o nuevas, es necesario tener en cuenta las decisiones de la CMR-97.

En resumen, durante su reunión de noviembre de 1994 el GMT 10-11S ofreció a la BR las siguientes directrices para calcular la interferencia entre las asignaciones de los Planes del SRS sujetos a los apéndices 30 y 30A del RR y los sistemas que utilizan características distintas de las empleadas para el desarrollo de los Planes:

Analógico a analógico

La BR debe continuar considerando a las transmisiones analógicas con distintas frecuencias centrales de canal (en el margen de ± 10 MHz) y/o diferentes anchuras de banda y/o diversas desviaciones de frecuencia como transmisiones normalizadas a fin de determinar su efecto en las transmisiones normalizadas y establecer sus márgenes de referencia.

Analógico a digital

La BR debe continuar suponiendo que las portadoras digitales son analógicas normalizadas para determinar la forma en que resultan afectadas por las portadoras analógicas y a fin de establecer sus márgenes de referencia.

Digital a analógico

La BR debe determinar el efecto de las transmisiones digitales en las transmisiones analógicas que utilizan la potencia en un canal digital adyacente que se superpone con la anchura de banda deseada de un canal analógico considerado cocanal con el canal deseado, empleando la ecuación indicada previamente con $K = 0$ para representar el caso más desfavorable. Los márgenes de referencia deben determinarse igualmente utilizando esta fórmula. También aquí, $K = 0$ corresponde al caso más desfavorable.

Digital a digital

Para determinar la interferencia digital causada a una portadora deseada digital, la BR debe considerarla como si fuese una interferencia digital en un canal analógico. A fin de calcular los márgenes de referencia para una señal digital deseada consúltese el texto anterior relativo a la interferencia digital causada en canales analógicos.

El GMT 10-11S consideró una contribución de Francia (Doc. 10-11S/89) que contiene un método genérico de cálculo de la interferencia que puede contemplar todos los casos anteriores de interferencia y, por consiguiente, decidió incorporar este método en el anteproyecto de Recomendación UIT-R BO.[AAA/11] (Límites de protección y métodos de cálculo de la interferencia asociados que deben utilizarse en los Planes de los apéndices 30 y 30A del RR) (Doc. 10-11S/TEMP/61).

Por lo tanto, el GMT 10-11S propone aplicar este método para evaluar el EPM en los enlaces ascendentes y descendentes así como para determinar el OEPM en las tres Regiones.

2.2 Relaciones de protección y metodología aplicadas en las evaluaciones de interferencia tras las decisiones de la CMR-97

2.2.1 Relaciones de protección aplicables

Para los Planes de las Regiones 1 y 3, las relaciones de protección adoptadas por la CMR-97 son las siguientes.

Para asignaciones de tipo AE o PE (véase la Nota 1) (es decir, asignaciones notificadas, puestas en servicio y para las cuales la fecha de entrada en servicio fue confirmada a la Oficina (BR) antes de la CMR-97):

- 31 dB (enlace descendente) y 40 dB (enlace de conexión) como relaciones de protección cocanal;
- 15 dB (enlace descendente) y 21 dB (enlace de conexión) como relaciones de protección de los canales adyacentes inferior y superior en el caso de una anchura de banda de 27 MHz y una separación entre las frecuencias centrales de los canales adyacentes de 19,18 MHz.

Para las otras asignaciones de tipo A o P (véase la Nota 1):

- 24 dB (enlace descendente) y 30 dB (enlace de conexión) como relaciones de protección cocanal;
- 16 dB (enlace descendente) y 22 dB (enlace de conexión) como relaciones de protección de los canales adyacentes inferior y superior en el caso de una anchura de banda de 27 MHz y una separación entre las frecuencias centrales de los canales adyacentes de 19,18 MHz.

NOTA 1 – Definidas en el artículo 11 del apéndice S30 del RR y en el artículo 9A del apéndice S30A del RR.

Para el Plan de la Región 2, la CMR-97 no modificó las relaciones de protección y, por consiguiente, siguen siendo las mencionadas en el § 2.1.1 anterior en el caso de una anchura de banda de 24 MHz y una separación entre las frecuencias centrales de los canales adyacentes de 14,58 MHz.

2.2.2 Tratamiento de las señales analógicas y digitales

Para evaluar la situación de interferencia en los Planes de las Regiones 1 y 3, la CMR-97 confirmó la utilización del método de cálculo del EPM. Para evaluar la situación de interferencia en el Plan de la Región 2, tema que no se encontraba en el orden del día de la CMR-97, continúa siendo aplicable el método de cálculo del OEPM.

Al adoptar las nuevas versiones de los anexos 5 y 3 a los apéndices S30 y S30A del RR, respectivamente, la CMR-97 encargó a la Oficina que tratase las asignaciones que utilizan anchuras de banda y/o separaciones de canal distintas de las especificadas en estos anexos (§ 3.5.1 y 3.8 del anexo 5 del apéndice S30 del RR y § 1.7 del anexo 3 al apéndice S30A del RR) de acuerdo con las Recomendaciones UIT-R aplicables relativas a las plantillas de protección, si ha lugar. Además, en ausencia de tales Recomendaciones, la Oficina utilizará el método del caso más desfavorable adoptado por la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Para el caso de interferencia procedente de asignaciones digitales que utilizan anchuras de banda y/o separaciones de canal distintas de las especificadas en estos anexos, la Oficina ha implementado la metodología descrita en el § 2.1.3 anterior, actualmente también incluida en el Anexo 3 a la Recomendación UIT-R BO.1293. El Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BO.1293 se refiere al cálculo de los límites de protección para la interferencia entre diversos tipos de

portadoras digitales. En la reunión de mayo de 1999 del GMT 10-11S se revisó esta Recomendación para que incluyera los efectos del canal de transmisión no lineal. Una vez aprobada en su forma revisada, se recomendó que el método del Anexo 1 sustituya al método del Anexo 3 para los cálculos de interferencia entre emisiones digitales. En el Doc. 10-11S/138 (Protection mask and associated calculation methods for interference into broadcast-satellite systems involving digital emissions, 10 May 1999) se proporciona información adicional sobre los efectos del canal no lineal y el método de cálculo revisado.

Sin embargo, en el caso de interferencia procedente de asignaciones analógicas que utilizan anchuras de banda y/o separaciones de canal distintas de las especificadas en estos Anexos, los métodos de cálculo de interferencia utilizados hasta ahora por la Oficina, de acuerdo con la indicación proporcionada por el GMT 10-11S (Nota al Director de la Oficina de Radiocomunicaciones, noviembre de 1994), como se menciona en el § 2.1.3 anterior, no es el método del caso más desfavorable solicitado por la CMR-97 y puede dar lugar a los siguientes resultados inadecuados:

- ignorar completamente la interferencia en los Planes de las Regiones 1 y 3 cuando la frecuencia (central) asignada de la emisión interferente cae dentro del segundo canal adyacente, como se ilustra en la Fig. 1 (casos 1.1, 1.2 y 1.3) del Anexo 2 al Doc. 10-11S/66 – Interference calculation method with respect to sections 3.5.1 and 3.8 of Annex 5 to Appendix 30/S30 (WRC-97) and section 1.7 of Annex 3 to Appendix 30A/S30A (WRC-97), 28 September 1998;
- cálculo de la interferencia en los casos en que no hay superposición, como se muestra en la Fig. 2 (casos 2.1, 2.2 y 2.3) del Anexo 2 al Doc. 10-11S/66;
- sobreestimación del nivel de interferencia, como muestra la Fig. 3 (casos 3.2 y 3.3) del Anexo 2 al Doc. 10-11S/66;
- infravaloración del nivel de interferencia, como muestra la Fig. 3 (caso 3.1) del Anexo 2 al Doc. 10-11S/66.

La Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones adoptó en su decimosegunda reunión (20-24 de abril de 1998) nuevas Reglas de Procedimiento relativas a los § 3.5.1 y 3.8 del anexo 5 al apéndice S30 del RR y al § 1.7 del anexo 3 al apéndice S30A del RR, con el fin de permitir a la Oficina tratar las presentaciones del artículo 4 con parámetros distintos de los descritos en los anexos 5 y 3 de los apéndices S30 y S30A del RR.

Estas nuevas Reglas contienen referencias al método del caso más desfavorable descrito a continuación (véase también el Anexo 1 al Doc. 10-11S/66). Este método se aplicará provisionalmente a todos los Planes del SRS regionales para considerar la interferencia procedente de las asignaciones analógicas hasta que se cuente con las Recomendaciones UIT-R pertinentes, como solicitó la CMR-97.

2.2.2.1 Descripción del método del caso más desfavorable analógico

El método del caso más desfavorable se basa en la consideración de:

- a) la variación de la relación de protección relativa (dB) en función lineal de la anchura de banda con superposición. Esta relación de protección relativa es la diferencia entre la relación de protección cocanal y una relación de protección para una separación de frecuencias determinada. Tiene un objetivo similar al factor de ajuste descrito en la Recomendación UIT-R BO.1293, pero con signo opuesto;
- b) las relaciones de protección relativas del primer canal adyacente normalizado de -8 dB (asignaciones no existentes (véase la Nota 1) para los enlaces de conexión y los enlaces descendentes), -19 dB (asignaciones existentes (véase la Nota 2) para los enlaces de conexión) y -16 dB (asignaciones existentes (véase la Nota 2) para los enlaces descendentes) en el caso de los Planes de las Regiones 1 y 3 y de $-14,4$ dB en el caso del Plan de la Región 2.

Estas relaciones de protección relativas son la diferencia entre las relaciones de protección cocanal y de canal adyacente, para una separación de frecuencias de 19,18 MHz (Planes de las Regiones 1 y 3) y 14,58 MHz (Plan de la Región 2) y anchuras de banda de 27 MHz (Planes de las Regiones 1 y 3) y 24 MHz (Plan de la Región 2), para los canales interferente y deseado (es decir, una anchura de banda superpuesta de 7,82 MHz (Planes de las Regiones 1 y 3) y 9,42 MHz (Plan de la Región 2));

- c) la relación de protección relativa de $-37,9$ dB para el segundo canal adyacente normalizado en el caso del Plan de la Región 2.

Estas relaciones de protección relativas son la diferencia entre las relaciones de protección cocanal y de canal adyacente para una separación de frecuencias de 29,16 MHz y una anchura de banda de 24 MHz para los canales interferente y deseado (es decir, una anchura de banda superpuesta equivalente de $-5,16$ MHz);

- d) las formas de las plantillas de protección de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la radiodifusión por satélite (Ginebra, 1977) (CAMR SAT-77) y la Conferencia Administrativa Regional para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2 (Ginebra, 1983) (CARR SAT-R2) que aparecen, respectivamente, en la Fig. 1 del anexo 6 y en la Fig. 6 del anexo 5 al apéndice S30 del RR, es decir:
- una parte plana correspondiente a una separación de frecuencias en que la parte llana (véase la Nota 3) de la señal interferente aún se superpone con la parte llana (véase la Nota 3) de la señal deseada, y
 - una variación de la relación de protección relativa como función lineal de la anchura de banda superpuesta que también es una función lineal de la separación de frecuencias.

NOTA 1 – Códigos P y A definidos en el artículo 11 del apéndice S30 del RR y el artículo 9A del apéndice S30A del RR.

NOTA 2 – Códigos PE y AE definidos en el artículo 11 del apéndice S30 del RR y el artículo 9A del apéndice S30A del RR.

NOTA 3 – Corresponde a la parte de la señal en que la densidad espectral de potencia tiene un valor máximo casi constante.

En los puntos siguientes se supone además que:

F_i, F_w : valores de las frecuencias centrales (MHz) de los canales interferente y deseado, respectivamente

B_i, B_w : anchuras de banda (MHz) de los canales interferente y deseado, respectivamente

O_v : anchura de banda con superposición (MHz) entre los canales deseado e interferente

f_o : separación (diferencia) de frecuencias (MHz) entre los canales deseado e interferente

$RelPR$: relación de protección relativa (dB) utilizada para proteger el canal deseado contra el canal interferente y que la anchura de banda superpuesta, O_v , se define mediante la fórmula:

$$O_v = (B_i + B_w) / 2 - |F_i - F_w|$$

2.2.2.1.1 En el caso de asignaciones de tipo A o P (véase la Nota 1 del § 2.2.1) en los Planes de enlaces de conexión o enlaces descendentes de las Regiones 1 y 3

- a) El límite de la separación/diferencia de frecuencias f_{o1} correspondiente al límite de la parte plana de la plantilla de protección puede expresarse de la forma siguiente, en el caso del Plan de las Regiones 1 y 3:

$$f_{o1} = 7 (B_i + B_w) / 27$$

suponiendo que la parte plana de la plantilla de protección representada en la Fig. 1 del anexo 6 al apéndice S30 del RR se basa en dos señales analógicas interferente y deseada idénticas con una anchura de banda de 27 MHz y una parte llana (véase la Nota 3 del § 2.2.2.1) de 10 MHz en el caso de la relación de protección relativa de 0 dB y de, aproximadamente, 14 MHz en el caso de la relación de protección relativa de 7 dB inferior. Por ejemplo, en el caso analógico normalizado donde $B_i = B_w = 27$ MHz, $f_{o1} = 14$ MHz.

El límite de la anchura de banda superpuesta, O_{v1} , correspondiente a este límite de separación de frecuencias, f_{o1} , puede expresarse de la forma siguiente:

$$O_{v1} = 13 (B_i + B_w) / (2 \times 27)$$

en el caso de una señal analógica deseada, por ejemplo, en el caso analógico normalizado donde $B_i = B_w = 27$ MHz, $O_{v1} = 13$ MHz.

La fórmula anterior que define la anchura de la parte plana de la plantilla de protección da lugar a una parte llana más amplia que la de la plantilla establecida por la CAMR SAT-77. Se ha elegido esta fórmula porque está de acuerdo con el efecto de interferencia producido en esta parte de la plantilla debida al incremento de la desviación de frecuencia cresta a cresta de las señales deseada e interferente, lo cual es una consecuencia implícita de la adopción por la CMR-97 de las relaciones de protección cocanal reducidas (es decir, 30/24 dB en vez de 40/31 dB, respectivamente, para los Planes de los enlaces de conexión y enlaces descendentes en las Regiones 1 y 3).

Sin embargo, aunque puede que no sea necesario contar con una parte llana tan amplia, para mayor sencillez y coherencia con el método del caso más desfavorable, la anchura de la parte llana se obtuvo del límite de protección establecido por la CAMR SAT-77 para el nivel de relación de protección relativa de -7 dB.

La anchura de la parte llana resultante de la anterior definición en el caso de señales con diferentes anchuras de bandas, más amplias o más estrechas, varía en el mismo sentido que el indicado por los resultados de las mediciones disponibles; es decir, la parte llana es más amplia en el caso de señales con anchura de banda más amplia y más estrecha en el caso con señales de anchura de banda más estrecha.

b) La variación lineal de la relación de protección relativa en función de la anchura de banda superpuesta se define considerando que esta función $f(x) = a \cdot x + b$ debe pasar a través de los dos puntos siguientes: (Ovl MHz, 0 dB) y (7,82 MHz, -8 dB),

donde:

$$\begin{aligned} 0 &= a \cdot Ovl + b \\ -8 &= a \times 7,82 + b \end{aligned}$$

c) La relación de protección relativa resultante $RelPR$ puede expresarse en función de la anchura de banda superpuesta Ov de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} RelPR &= 0 \quad \text{dB} && \text{para } Ov < Ovl \\ RelPR &= -8 (Ov - Ovl) / (7,82 - Ovl) \quad \text{dB} && \text{para } 0 < Ov \leq Ovl \end{aligned}$$

d) Tratamiento de canales adyacentes sin superposición con el canal deseado.

En el caso en que las anchuras de banda nominales de los canales interferente y deseado no se superpongan, pueden utilizarse las dos siguientes opciones:

- para el método digital, no se calcula una interferencia de segundo canal adyacente, o
- se calcula el efecto de la interferencia del segundo canal adyacente.

Se consideró que para algunas combinaciones de frecuencias centrales y anchuras de banda no normalizadas puede que sea necesario ampliar las plantillas de protección para cubrir la probabilidad del efecto de interferencia de un segundo canal adyacente. Sin embargo, se necesitan más estudios al respecto.

e) La función lineal descrita anteriormente también puede expresarse como función lineal de la separación de frecuencias, fo , de la forma siguiente:

$$RelPR = - [8 (14 (Bi + Bw) / (2 \times 27) - |fo|)] / (7,82 - Ovl) \quad \text{dB}$$

Esta fórmula, que define la pendiente de la plantilla de protección, da lugar a una inclinación menos abrupta que la del contorno de la CAMR SAT-77. Se ha elegido porque está de acuerdo con el efecto producido sobre esta parte de la plantilla por el aumento de la desviación de frecuencia cresta a cresta de las señales deseada e interferente, consecuencia implícita de la adopción de una relación de protección cocanal reducida por la CMR-97.

2.2.2.1.2 En el caso de asignaciones del tipo AE o PE (véase la Nota 1 del § 2.2.1) (asignaciones existentes) en los Planes de enlaces de conexión o enlaces descendentes para las Regiones 1 y 3

a) El límite de la separación (diferencia) de frecuencias, $fol1$, correspondiente al límite de la parte plana de las plantillas de protección puede expresarse de la forma siguiente, en el caso de los sistemas existentes en los Planes de enlaces de conexión o enlaces descendentes para las Regiones 1 y 3:

$$fol1 = 5 (Bi + Bw) / 27$$

suponiendo que la parte plana de la plantilla de protección representada en la Fig. 1 del anexo 6 al apéndice S30 del RR se basa en dos señales analógicas interferente y deseada idénticas de 27 MHz de anchura de banda y con una parte llana (véase la Nota 3 del § 2.2.2.1) de 10 MHz en el caso de la relación de protección relativa de 0 dB. Por ejemplo, en el caso analógico normalizado donde $Bi = Bw = 27$ MHz, $fol1 = 10$ MHz.

El límite de la anchura de banda con superposición, Ovl , correspondiente a este límite de separación de frecuencias, $fol1$, puede expresarse de la forma siguiente:

$$Ovl = 17 (Bi + Bw) / (2 \times 27)$$

en el caso de una señal analógica deseada, por ejemplo, en el caso analógico normalizado donde $Bi = Bw = 27$ MHz, $Ovl = 17$ MHz.

Como sucede en otros casos no normalizados, la anchura de la parte llana resultante de la anterior definición en el caso de señales con distintas anchuras de banda, más amplias o más estrechas, varía en el mismo sentido que el indicado por los resultados de las mediciones disponibles; es decir, la parte llana es más amplia en el caso de señales con anchura de banda más amplia y más estrecha en el caso de señales de anchura de banda menor.

b) La variación lineal de la relación de protección relativa en función de la anchura de banda superpuesta se define considerando que esta función $f(x) = a \cdot x + b$ debe pasar a través de los dos puntos siguientes:

- (0 MHz, 0 dB) y (7,82 MHz, -19 dB), en el caso de los sistemas existentes en el Plan de enlaces de conexión, y
- (0 MHz, 0 dB) y (7,82 MHz, -16 dB), en el caso de los sistemas existentes en el Plan de enlaces descendentes.
- En el caso del Plan de enlaces de conexión, la función resultante se define de la forma siguiente:

$$0 = a \cdot 0 + b$$

$$-19 = a \times 7,82 + b$$

- En el caso del Plan de enlaces descendentes, la función resultante se define de la forma siguiente:

$$0 = a \cdot 0 + b$$

$$-16 = a \times 7,82 + b$$

c) La relación de protección relativa resultante, *RelPR*, puede expresarse en función de la anchura de banda superpuesta, *Ov*, de la forma siguiente:

- En el caso de los sistemas existentes en el Plan de enlaces de conexión:

$$RelPR = 0 \quad \text{dB} \quad \text{para } Ov < Ov$$

$$RelPR = -19 (Ov - Ov) / (7,82 - Ov) \quad \text{dB} \quad \text{para } 0 < Ov \leq Ov$$

La pendiente de la plantilla de protección definida por la segunda fórmula anterior es más abrupta que la de la plantilla establecida por la CAMR SAT-77. Se ha elegido porque está de acuerdo con la decisión tomada en la CAMR Orb-88 en sentido de establecer una mayor diferencia entre las relaciones de protección cocanal y de primer canal adyacente en el caso del Plan de enlaces de conexión (40 - 21 = 19 dB) que en el caso del Plan de enlaces descendentes (31 - 15 = 16 dB).

La relación de protección cocanal del enlace de conexión de 40 dB se justificó por la limitación del efecto del trayecto del enlace de conexión en el trayecto del enlace descendente, que ha de producir una reducción de 0,5 dB en la relación de protección cocanal del enlace descendente de 31 dB, como se indica en el § 3.2 del anexo 3 al apéndice S30A del RR.

No obstante, la CAMR Orb-88 decidió no aplicar la misma reducción para el primer canal adyacente, lo que significa que se ha supuesto una protección menor contra la interferencia procedente de este primer canal adyacente.

- En el caso del Plan de enlaces descendentes:

$$RelPR = 0 \quad \text{dB} \quad \text{para } Ov < Ov$$

$$RelPR = -16 (Ov - Ov) / (7,82 - Ov) \quad \text{dB} \quad \text{para } 0 < Ov \leq Ov$$

d) Tratamiento de los canales adyacentes sin superposición con el canal deseado:

En el caso en que las anchuras de banda nominales de los canales interferente y deseado no se superponen, pueden utilizarse dos opciones, a saber:

- para el método digital, no se calcula la interferencia del segundo canal adyacente, o
- se calcula el efecto de la interferencia del segundo canal adyacente.

Se consideró que para algunas combinaciones de frecuencias centrales y anchuras de banda no normalizadas podría ser necesario ampliar las plantillas de protección para que contemplasen la posibilidad del efecto de la interferencia de un segundo canal adyacente. Sin embargo, este tema requiere más estudios.

e) La función lineal descrita anteriormente también puede expresarse como función lineal de la separación de frecuencias, *f_o*, de la forma siguiente:

- En el caso del Plan de enlaces de conexión:

$$RelPR = -[19 (10 (Bi + Bw) / (2 \times 27) - |f_o|)] / (7,82 - Ov) \quad \text{dB}$$

- En el caso del Plan de enlaces descendentes:

$$RelPR = -[16 (10 (Bi + Bw) / (2 \times 27) - |f_o|)] / (7,82 - Ov) \quad \text{dB}$$

2.2.2.1.3 En el caso de asignaciones en el Plan de la Región 2

a) El límite de separación/diferencia de frecuencias, $fol1$, correspondiente al límite de la parte plana de la plantilla de protección puede expresarse de la forma siguiente, en el caso del Plan de la Región 2:

$$fol1 = 8,36/2 (Bi + Bw) / 24 = 4,18 (Bi + Bw) / 24$$

suponiendo que la parte plana de la plantilla de protección ilustrada en la Fig. 6 del anexo 5 al apéndice S30 del RR se basa en dos señales analógicas interferente y deseada idénticas con una anchura de banda de 24 MHz y una parte llana (véase la Nota 3 del § 2.2.2.1) de 8,36 MHz en el caso de una relación de protección relativa a 0 dB. Por ejemplo, en el caso analógico normalizado donde $Bi = Bw = 24$ MHz, $fol1 = 8,36$ MHz.

El límite de la anchura de banda superpuesta, $Ovl1$, correspondiente a este límite de separación de frecuencias, $fol1$, puede expresarse de la forma siguiente:

$$Ovl1 = (24 - 8,36) \cdot (Bi + Bw) / (2 \times 24)$$

en el caso de una señal analógica deseada, por ejemplo, en el caso analógico normalizado donde $Bi = Bw = 24$ MHz, $Ovl1 = 15,64$ MHz.

La anchura de la parte llana resultante de la anterior definición en el caso de señales con distintas anchuras de banda, más amplias o más estrechas, varían en el mismo sentido que el indicado por los resultados de mediciones disponibles: es decir, la parte llana es más amplia en el caso de anchura de banda mayor y más estrecha en el caso de señales de anchura de banda menor.

b) La primera variación lineal de la relación de protección relativa en función de la anchura de banda superpuesta se define considerando que esta primera función $f1(x) = a1 \cdot x + b1$ debe pasar a través de los dos puntos siguientes de la fórmula asociada a la Fig. 6 del anexo 5 al apéndice S30 del RR: ($Ovl1$ MHz, 0 dB) y ($Ovl2$ MHz, -12,46 dB),

donde:

$$Ovl2 = (24 - 12,87) \cdot (Bi + Bw) / (2 \times 24)$$

$$0 = a1 \cdot Ovl1 + b1$$

$$-12,46 = a1 \cdot Ovl2 + b1$$

c) De forma similar, la segunda función lineal $f2(x) = a2 \cdot x + b2$ debe pasar a través de los dos puntos siguientes: ($Ovl2$ MHz, -12,46 dB) y ($Ovl3$ MHz, -22,12 dB),

donde:

$$Ovl3 = (24 - 21,25) \cdot (Bi + Bw) / (2 \times 24)$$

$$-12,46 = a2 \cdot Ovl2 + b2$$

$$-22,12 = a2 \cdot Ovl3 + b2$$

d) De forma similar, la tercera función lineal $f3(x) = a3 \cdot x + b3$ debe pasar a través de los dos puntos siguientes: ($Ovl3$ MHz, -22,12 dB) y ($Ovl4$, -37,94 dB),

donde:

$$Ovl4 = (24 - 29,16) \cdot (Bi + Bw) / (2 \times 24)$$

$$-22,12 = a3 \cdot Ovl3 + b3$$

$$-37,94 = a3 \cdot Ovl4 + b3$$

e) La relación de protección relativa resultante, $RelPR$, puede expresarse en función de la anchura de banda superpuesta, Ov , de la forma siguiente:

$$\begin{aligned}
 RelPR &= 0 \quad \text{dB} && \text{para } Ov/1 < Ov \\
 RelPR &= -12,46 (Ov - Ov/1) / (Ov/2 - Ov/1) \quad \text{dB} && \text{para } Ov/2 < Ov \leq Ov/1 \\
 RelPR &= -(22,12 - 12,46) \cdot (Ov - Ov/2) / (Ov/3 - Ov/2) - 12,46 \text{ dB} && \text{para } Ov/3 < Ov \leq Ov/2 \\
 RelPR &= -(37,94 - 22,12) \cdot (Ov - Ov/3) / (Ov/4 - Ov/3) - 22,12 \text{ dB} && \text{para } Ov/4 < Ov \leq Ov/3
 \end{aligned}$$

f) Tratamiento de los terceros canales adyacentes:

Se consideró que para algunas combinaciones de frecuencias centrales y anchuras de banda no normalizadas era necesario que las plantillas de protección se ampliasen para contemplar el posible efecto de interferencia de un tercer canal adyacente. Sin embargo, deben realizarse estudios ulteriores al respecto.

La pendiente, más o menos abrupta, de la plantilla resultante de la anterior definición en el caso de señales con distintas anchuras de banda varía en el mismo sentido que el indicado por las mediciones disponibles: es decir, la pendiente es menos abrupta en el caso de señales con anchura de banda más amplia y más abrupta en el caso de señales con anchura de banda más reducida.

2.2.2.2 Implementación del método del caso más desfavorable analógico

El método del caso más desfavorable analógico descrito en el § 2.2.2.1 puede implementarse de dos formas a efectos de calcular los valores del EPM y/o del OEPM.

Un método consiste en aplicar la fórmula descrita en el § 2.1.3 realizando los siguientes ajustes:

$$\begin{aligned}
 EPM &= \left[\left(\sum_1^k \left(\frac{C}{I_{cc}} - RelPR \right) \oplus \sum_1^r \frac{C}{i_{DTV}} \right) - PR_{cc} \right] \\
 &\oplus \left[\left(\sum_1^m \left(\frac{C}{I_{lac}} + (PR_{lac} - PR_{cc} - RelPR) \right) \right) - PR_{lac} \right] \\
 &\oplus \left[\left(\sum_1^n \left(\frac{C}{I_{uac}} + (PR_{uac} - PR_{cc} - RelPR) \right) \right) - PR_{uac} \right] \\
 OEPM &= \left[\left(\sum_1^k \left(\frac{C}{I_{cc}} - RelPR \right) \oplus \sum_1^r \frac{C}{i_{DTV}} \right) - PR_{cc} \right] \\
 &\oplus \left[\left(\sum_1^m \left(\frac{C}{I_{lac}} + (PR_{lac} - PR_{cc} - RelPR) \right) \right) - PR_{lac} \right] \\
 &\oplus \left[\left(\sum_1^n \left(\frac{C}{I_{uac}} + (PR_{uac} - PR_{cc} - RelPR) \right) \right) - PR_{uac} \right] \\
 &\oplus \left[\left(\sum_1^p \left(\frac{C}{I_{slac}} + (PR_{slac} - PR_{cc} - RelPR) \right) \right) - PR_{slac} \right] \\
 &\oplus \left[\left(\sum_1^q \left(\frac{C}{I_{suac}} + (PR_{suac} - PR_{cc} - RelPR) \right) \right) - PR_{suac} \right]
 \end{aligned}$$

En estas fórmulas, el valor de la relación de protección relativa, $RelPR$, que siempre es negativo, se obtiene a partir de las fórmulas que aparecen en los § 2.2.2.1.1 e), 2.2.2.1.2 e) o 2.2.2.1.3 e), según el caso.

Conviene señalar que este primer método es el que se ha implementado en el programa informático MSPACEG.

Alternativamente, el método del caso más desfavorable analógico también puede implementarse aplicando la metodología más general descrita en el § 3 del Anexo 2 a la Recomendación UIT-R BO.1293, es decir:

$$C/I_{eq, ag, up} = \sum_{i=1}^m \oplus (C/I_{i, se, up} + D_i(f_{o_i}))$$

$$C/I_{eq, ag, dn} = \sum_{i=1}^n \oplus (C/I_{i, se, dn} + D_i(f_{o_i}))$$

siendo:

- m : número de portadoras interferentes en el enlace de conexión
- n : número de portadoras interferentes en el enlace descendente
- f_o : separación entre las frecuencias centrales de la portadora deseada y de una portadora interferente, valor positivo o negativo (MHz)
- $D(f_o)$: diferencia (dB) entre el valor adecuado del límite de protección sin separación de frecuencia (es decir, estando el valor central en 0 MHz) y el valor del límite de protección con una separación de frecuencia de f_o MHz.

En este caso, el valor de $D(f_o)$ corresponde al valor opuesto de la relación de protección relativa, $RelPR$, que se obtiene a partir de las fórmulas indicadas en los § 2.2.2.1.1 e), 2.2.2.1.2 e) o 2.2.2.1.3 e), según el caso.

2.3 Cálculo de los niveles de la relación C/I en el caso de asignaciones agrupadas

2.3.1 Aplicación general de concepto de grupo en los cálculos de la relación C/I

Además de la metodología y fórmulas de cálculo establecidas en los puntos anteriores, se aplica una calificación en el método de cálculo en los casos en que dicho cálculo supone asignaciones para las que se ha aplicado el concepto de grupo.

Con arreglo al § 4.3.1.1 de las Reglas de Procedimiento para el apéndice S30 del RR (y § 4.2.1.1 para el apéndice S30A del RR) el concepto de grupo requiere que: «... al calcular la interferencia causada a asignaciones que forman parte del grupo, sólo se ha de considerar la contribución a esa interferencia causada por las asignaciones que no forman parte del mismo grupo. En cambio, al calcular la interferencia producida por asignaciones que pertenecen a un grupo a asignaciones que no forman parte del mismo grupo, sólo se debe tomar en consideración la contribución de la fuente interferente más desfavorable causad por ese grupo.»

2.3.2 Tratamiento de los efectos de la interferencia de canal adyacente en todos los grupos en los Planes del SRS para las Regiones 1 y 3 y para la Región 2

El cálculo de la relación C/I para los casos de un mismo canal de varios haces distintos incluidos en un grupo, se realiza de la forma descrita anteriormente. De forma similar, cuando un grupo incluye distintos canales, el cálculo de la relación C/I para asignaciones exteriores al grupo sigue el procedimiento descrito anteriormente. Sin embargo, en casos en que hay canales adyacentes (véase la Nota 1) en el grupo, el cálculo de la relación C/I para canales dentro del grupo depende de la utilización, o no, de agrupación e identificaciones de haz (nombres de haz) utilizados para los haces en la agrupación.

NOTA 1 – En los cálculos de la relación C/I del programa MSPACE para haces agrupados, se ignora toda la interferencia procedente de los otros haces del grupo (sin embargo, si se producen efectos de interferencia procedente del mismo haz MSPACE, se tendrán en cuenta en el cálculo efectuado por el programa). Por consiguiente, para la Región 2 en que se consideran los efectos de interferencia del segundo canal adyacente, se calcularán los efectos de interferencia procedentes del mismo haz. (De forma similar, en el caso muy hipotético de que se incluya el primer canal adyacente en un solo haz con la misma polarización, deberán tenerse en cuenta los efectos de la interferencia.)

El procedimiento seguido se describe en el Doc. 10-11S/76 (Treatment of internal interference within groups which include adjacent channels, 1 October 1998) y se resume en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Resumen del tratamiento de interferencia interna de canales adyacentes en grupos y agrupaciones

a) *Regiones 1 y 3*

	Asignaciones agrupadas		Asignaciones que <i>no</i> forman parte de una agrupación
	que incluye haces con nombres de haz idénticos	que <i>no</i> incluye haces con nombres de haz idénticos	
Asignaciones agrupadas	El concepto de agrupación ha sido utilizado en los actuales Planes para las Regiones 1 y 3		La interferencia interna entre canales adyacentes NO SE incluye en el cálculo de la interferencia ^{(1), (2)}
Asignaciones que <i>no</i> se incluyen en un grupo			Se consideran todos los efectos de la interferencia de canal adyacente

b) *Región 2*

	Asignaciones agrupadas		Asignaciones que <i>no</i> forman parte de una agrupación
	que incluye haces con nombres de haz idénticos	que <i>no</i> incluye haces con nombres de haz idénticos	
Asignaciones incluidas dentro de un grupo	La interferencia interna entre canales adyacentes SE incluye en el cálculo de la interferencia	La interferencia interna entre canales adyacentes NO SE incluye en el cálculo de la interferencia ^{(1), (3), (4)}	La interferencia interna entre canales adyacentes NO SE incluye en el cálculo de la interferencia ^{(1), (4)}
Asignaciones que <i>no</i> se incluyen en un grupo	La interferencia interna entre canales adyacentes SE incluye en el cálculo de la interferencia	La interferencia interna entre canales adyacentes SE incluye en el cálculo de la interferencia	Se consideran todos los efectos de la interferencia de canal adyacente

- (1) Normalmente la Oficina procesará las agrupaciones en que intervienen los primeros canales adyacentes no teniendo en cuenta la interferencia interna dentro del grupo, sin embargo si las administraciones solicitan específicamente que se considere la interferencia interna en las agrupaciones en que intervienen los primeros canales adyacentes, será necesario asignar los canales pares e impares a grupos distintos.
- (2) Aunque tales casos aún no han aparecido, en un caso hipotético en que se producen efectos de interferencia interna entre los canales incluidos en la misma identificación de haz, esos efectos deben tenerse en cuenta al calcular la situación de referencia.
- (3) Además, normalmente la Oficina procesará las solicitudes para agrupamientos en que intervengan los primeros canales adyacentes teniendo en cuenta la interferencia interna dentro del agrupamiento; sin embargo, si las administraciones solicitan específicamente que no se tenga en cuenta la interferencia interna entre los primeros canales adyacentes en todos los agrupamientos, será necesario asignar distintas identificaciones de haz a los canales pares e impares del agrupamiento.
- (4) Sin embargo, en el cálculo de la situación de referencia se tiene en cuenta la interferencia interna que se origina dentro de los haces con la misma identificación de haz (por ejemplo, la interferencia de segundo canal adyacente).

3 Interferencia entre portadoras del SRS

Hasta la fecha se han recibido contribuciones de los siguientes participantes: HISPASAT, Japón, Canadá, la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite (INTELSAT), la Organización Europea de Telecomunicaciones por Satélite (EUTELSAT), la Unión Europea de Radiodifusión (UER), Francia, Croacia, Italia y Estados Unidos de América.

Además, se ha tenido en cuenta el Informe UIT-R BO.634 así como una contribución de INTELSAT en el Grupo de Trabajo (GT) 4A de Radiocomunicaciones sobre la revisión de la Recomendación UIT-R S.741. También se ha considerado la información remitida por la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones en una declaración de coordinación al GMT 10-11S (Doc. 10-11S/138 – Criteria for interference between TV/FM carriers operating in FSS bands, 4 March 1997).

En los puntos siguientes se describen los principales resultados de todas estas contribuciones.

3.1 Protección de las portadoras analógicas contra las portadoras digitales

Los siguientes resultados completan los que figuran en el § 3.1.11 del Informe UIT-R BO.634.

A fin de determinar los valores para el coeficiente K introducido en el modelo provisional descrito en el § 2 anterior, deben establecerse las relaciones de protección (PR) para las portadoras analógicas contra la interferencia procedente de portadoras digitales.

En Japón se han realizado evaluaciones subjetivas de las PR para las portadoras analógicas TV-MF. Los resultados indican que, en el caso de interferencia producida por una portadora de modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (MDP-4) (24,6 MBd) en una señal TV-MF NTSC normalizada (desviación MF de 17 MHz/V), las PR correspondientes a una calidad de imagen de 4,5 en una escala de grado 5 fueron de unos 23 dB para la interferencia cocanal y de unos 14 dB para la interferencia de canal adyacente. En el caso de interferencia producida por una señal MDP-8 (21 MBd y 29 MBd), las PR fueron de unos 20-22 dB para la interferencia cocanal y de 10-13 dB para la interferencia de canal adyacente.

En el Anexo 2 al Doc. 10-11S/135 (Protection of analogue carriers against digital carriers, 7 May 1999) se da información detallada de estas mediciones.

Los resultados de la UER indican que en caso de interferencia causada por portadoras MDP-4 3/4 (entre 20 y 30 MBd para una degradación de la relación C/N de 1 dB) a señales de TV-MF del sistema PAL normalizado (nota de calidad de imagen de 4,8, S/I ponderada de 54 dB, C/N de 30 dB, desviación de 13,5 MHz/V, simulaciones por ordenador), podrían utilizarse unas PR de unos 24 dB para el caso cocanal y aproximadamente 14 dB para canales adyacentes.

En una contribución de Italia se informa sobre resultados adicionales sobre la simulación de interferencia causada por varias portadoras MDP-4 a dos portadoras de TV-MF del sistema PAL.

Para las señales PAL se ha considerado una nota de calidad de imagen de 4,8, una relación S/I ponderada de 54 dB y una relación C/N de 30 dB. En el Anexo 1 al Doc. 10-11S/26 aparece más información sobre estas mediciones.

Cabe señalar que, teniendo en cuenta la elevada nota de calidad de imagen pretendida que se ha supuesto en las pruebas anteriores, estos resultados puede que sean conservadores.

En el Cuadro 2 se resumen los resultados obtenidos de mediciones realizadas por Japón, Italia y la UER.

Por lo que se refiere a la interferencia digital de banda ancha de canal adyacente, una contribución de Francia (Doc. 10-11S/57 (Add.1)) demuestra que, basándose únicamente en consideraciones de anchura de banda y sin considerar el factor K , una portadora digital de 33 MHz que ocupe un transpondedor adyacente a una transmisión analógica normalizada provocaría un nivel de interferencia 3,2 dB superior al necesario para proteger el canal adyacente cuando la diferencia entre las PR cocanal y de canal adyacente es de al menos 8 dB. Sin embargo, los resultados a los que se ha llegado en Japón y en Italia, anteriormente indicados, demuestran que esta diferencia de 8 dB se respeta en este tipo de interferencia de canal adyacente (23 dB en vez de 14 a 15 dB) sin realizar el ajuste de los 3,2 dB. Por consiguiente, puede llegarse a la conclusión de que en este caso el factor K es del orden de 3 a 4 dB.

Una contribución de Australia (Doc. 10-11S/91 (Add.1)) estudia el tema de la interferencia digital de banda estrecha provocada a las señales analógicas. En tales casos, puede que no sea conveniente considerar la interferencia como similar a un ruido sino como el fenómeno observado cuando la fuente de interferencia es sinusoidal (perturbaciones visibles en la imagen en vez de un aumento aparente en el nivel de ruido térmico), dependiendo de la anchura de banda de la señal interferente. Para la interferencia cocanal se espera, no obstante, que el factor K sea igual a cero. En el caso de interferencia de canal adyacente, teniendo en cuenta que en el SRS no está prevista la utilización de portadoras con una anchura de banda inferior a 8 MHz, la energía de la fuente interferente permanecerá muy dispersa en frecuencia con respecto a la estructura de línea de las señales de TV-MF, por lo tanto cabe esperar que el factor K siga siendo positivo (pero posiblemente inferior al valor de 3 a 4 dB indicado anteriormente).

En Japón se han llevado a cabo mediciones objetivas de las PR con desplazamiento de frecuencia entre las portadoras deseada y no deseada. En la Fig. 1 se presentan los resultados. Las PR cocanal y de canal adyacente para una anchura de banda de la portadora analógica de 27 MHz se recogen en el Cuadro 2 y se representan en la Fig. 1. Resumiendo los resultados de estas mediciones se puede obtener un gráfico que corresponde a la PR frente a un desplazamiento de frecuencia de la portadora.

CUADRO 2

Resumen de los valores medidos de la PR con un desplazamiento de frecuencia de 19,18 MHz

Señal deseada	Señal interferente	PR cocanal (dB)	PR de canal adyacente (dB)
<i>Japón (Evaluación subjetiva)</i>			
NTSC-27 MHz ⁽¹⁾ (17,0 MHz/V) ⁽²⁾	MDP-8 (29 MBd)	20	13
NTSC-27 MHz ⁽¹⁾ (17,0 MHz/V) ⁽²⁾	MDP-8 (21 MBd)	22	10
<i>UER (Simulación por computador)</i>			
PAL-27 MHz ⁽¹⁾ (13,5 MHz/V) ⁽²⁾	MDP-4 3/4 ⁽³⁾ (20-30 MBd)	24	14
<i>Italia (Simulación por computador)</i>			
PAL-27 MHz ⁽¹⁾ (13,5 MHz/V) ⁽²⁾	MDP-4 3/4 ⁽³⁾ (30 MBd)	23 ^(**)	14 ^(*)
PAL-33 MHz ⁽¹⁾ (22 MHz/V) ⁽²⁾	MDP-4 3/4 ⁽³⁾ (30 MBd)	18,3 ^(**)	9,2 ^(**)

(1) Anchura de banda nominal.

(2) Desviación de frecuencia.

(3) Velocidad de código de corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC) convolucional.

(*) Exactitud dentro de 0,5 dB.

(**) Exactitud dentro de 2 dB.

En la Fig. 1 se muestran también las PR obtenidas de los experimentos de la UER y de Italia. Basada en estos resultados, se representa una forma trapezoidal que podría utilizarse como plantilla de protección para la interferencia digital en una portadora analógica. Esta Figura satisface las condiciones de las PR indicadas en la Recomendación 521 (CMR-95), tales como 23 dB y 15 dB para los casos cocanal y de canal adyacente, respectivamente.

Si esta plantilla se normaliza a cero para un desplazamiento de la frecuencia portadora nulo, la plantilla puede expresarse de la forma siguiente (véase (Doc. 10-11S/84)):

$$PR = \frac{15}{19,18}x + 7 \quad (-38,36 \leq x \leq -8,95)$$

$$PR = 0 \quad (-8,95 < x \leq 8,95)$$

$$PR = -\frac{15}{19,18}x + 7 \quad (8,95 < x \leq 38,36)$$

donde x es la desviación de frecuencia (MHz).

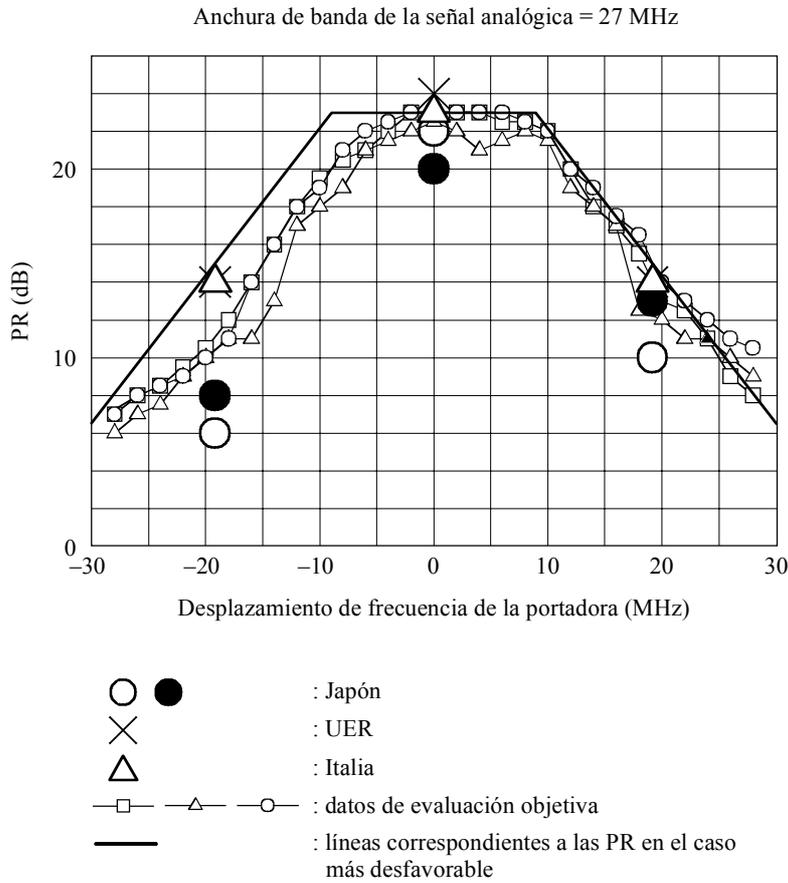
Como se describe en el § 2.1.3, se establece el supuesto de que la interferencia creada por una portadora digital en una portadora analógica deseada es:

$$i_{D_{TV}} = I_{D_{TV}} - 10 \log(B/b) - K$$

El coeficiente K se determinará mediante simulaciones y/o mediciones experimentales, pero se necesita mucho tiempo para llevar a cabo estos estudios. Sin embargo, mientras la anchura de banda de la portadora analógica sea de 27 MHz y la velocidad de símbolos de la señal digital interferente se encuentre entre 20 y 30 MBd, pueden utilizarse para la evaluación de la interferencia la plantilla de la PR para el caso más desfavorable mostrado en la Fig. 1 y las ecuaciones para la PR dadas anteriormente.

FIGURA 1

Resultados experimentales sobre la protección de portadoras analógicas (anchura de banda = 27 MHz) frente a portadoras digitales, y las líneas correspondientes a la PR para el caso más desfavorable



Rap 2019-01

NOTA 1 – Para los datos de la UER y de Italia, se han supuesto valores idénticos para los canales adyacentes superior e inferior.

3.2 Protección entre portadoras analógicas

En el § 3.1.5 del Informe UIT-R BO.634 aparecen las fórmulas que deben utilizarse para el cálculo de la PR en una situación de interferencia cocanal cuando las señales deseada e interferente utilizan los mismos parámetros de modulación:

– Para todos los sistemas salvo el M/NTSC de 525 líneas:

$$PR_0 = C - 20 \log(D_V / 12) - Q + 1,1 \cdot Q^2$$

siendo:

D_V : desviación de frecuencia nominal cresta a cresta (MHz/V)

Q : nota de degradación (véase la Recomendación UIT-R BT.500)

C : constante que depende del sistema de televisión y cuyo valor es:

12,5 para los sistemas I/PAL, G/PAL y L/SECAM de 625 líneas

18,5 para el sistema K/SECAM de 625 líneas.

- Para el sistema M/NTSC de 525 líneas:

$$PR_0 = 16,9 - 8,7 \log(I_u) - 20 \log(D_v/12)$$

siendo:

$$I_u = \frac{5 - Q}{Q - 1} \quad \text{para } 1 < Q < 5$$

En el § 3.1.7 del Informe UIT-R BO.634 figuran las PR que deben utilizarse para proteger a las señales PAL/SECAM y D2-MAC normalizadas contra las señales D2-MAC en las Regiones 1 y 3 (separación de la frecuencia central de canal adyacente = 19,18 MHz):

- protección de la señal PAL/SECAM: $PR_{cc} = 27$ dB, $PR_{lac} = 12$ dB, $PR_{uac} = 13$ dB;
- protección de la señal D2/MAC: $PR_{cc} = 20$ dB, $PR_{lac} = 11$ dB, $PR_{uac} = 12$ dB.

En el § 3.1.14 del Informe UIT-R BO.634 se indican las PR que deben utilizarse en el caso de señales de televisión de alta definición (TVAD) en las Regiones 1 y 3:

- protección de señal NTSC contra señal MUSE: $PR_{cc} = 19$ dB, $PR_{lac} = 12$ dB, $PR_{uac} = 12$ dB;
- protección de señal MUSE contra señal NTSC: $PR_{cc} = 20$ dB, $PR_{lac} = 8$ dB, $PR_{uac} = 11$ dB;
- protección de señal MUSE contra señal MUSE: $PR_{cc} = 24$ dB, $PR_{lac} = 9$ dB, $PR_{uac} = 9$ dB;
- protección de señal SECAM contra señal HDMAC: $PR_{cc} = 25$ dB, $PR_{lac} = 11$ dB, $PR_{uac} = 11$ dB;
- protección de señal HDMAC contra señal HDMAC: $PR_{cc} = 22$ dB, $PR_{lac} = 6$ dB, $PR_{uac} = 7$ dB.

Los § 3.1.7 y 3.1.14 del Informe UIT-R BO.634 indican que ambos sistemas D2-MAC y TVAD son compatibles con las PR establecidas en el Plan del SRS de la CAMR SAT-77 para las Regiones 1 y 3.

No todas las condiciones de prueba utilizadas para obtener estos valores están indicadas en el Informe UIT-R BO.634, sin embargo en su Anexo 1 aparece cierta información adicional.

Una contribución de Japón propone mantener el valor actual de la PR de 15 dB para los canales adyacentes.

Un texto basado en el primer documento presentado por EUTELSAT, también remitido al GT 4A de Radiocomunicaciones, realiza una evaluación de las PR entre distintas señales de TV PAL para dos valores de la relación C/N (12 y 30 dB) y dos desviaciones de frecuencia (16 y 25 MHz/V). Se consideran contenidos de imagen distintos y dos tipos del receptor de modulación de frecuencia (doméstico o profesional). El caso del valor de 12 dB para la relación C/N corresponde aproximadamente a las situaciones del Plan. El caso de 30 dB para la relación C/N corresponde a una calidad de imagen perfecta, para la cual se establecieron los objetivos de las PR del Plan.

Las conclusiones relativas al contenido de imagen son las siguientes:

- la RP necesaria no depende mucho del contenido de la imagen interferente;
- los efectos de la interferencia son más apreciables en un patrón de prueba (combinación de pantalla roja y barras de color) que en una transparencia considerada como representativa de un material de imagen normal. El material de imagen crítico (patrón de prueba) exigiría una PR aproximadamente 2 dB superior a la necesaria en una transparencia para la misma calidad de imagen.

La conclusión sobre el efecto de la realización del receptor de MF es que no aparece ninguna dependencia significativa sobre el tipo utilizado (doméstico o profesional).

La conclusión sobre el efecto de la desviación de frecuencia de la señal deseada indica que, en comparación con una desviación de frecuencia de 16 MHz/V, las transmisiones que utilizan una desviación de frecuencia de 25 MHz/V son más tolerantes a la interferencia y exigen unos valores de PR notablemente inferiores. La PR necesaria es proporcional a $20 \log$ (desviación de la señal deseada).

La conclusión sobre el efecto de la desviación de frecuencia de la señal interferente indica que la PR necesaria es independiente de la desviación de frecuencia de la señal interferente.

Con respecto a las señales de televisión con desplazamiento de frecuencia, EUTELSAT propone las siguientes conclusiones para las señales de TV PAL con modulación de frecuencia moduladas con una desviación de frecuencia de 25 MHz/V:

- La PR es en general independiente del contenido de imagen deseada para todos los desplazamientos de frecuencia. En el caso de material de imagen crítico (patrón de prueba) se requieren aproximadamente 2 dB más de protección contra la interferencia que en el caso de material de imagen normal.

- El contenido de la imagen de la señal interferente tiene poco efecto sobre los desplazamientos de frecuencia bajos. Sin embargo, en el caso de desplazamientos de mayor valor, las PR necesarias para una imagen interferente que comprende barras de color son varios dB superior a las requeridas cuando la fuente interferente es una portadora sin modular (con dispersión de energía).
- Las PR necesarias para una relación C/N de 12 dB son, por término medio, de 2 a 3 dB superiores que las necesarias para una relación C/N elevada (30 dB).

Con respecto a la PR necesaria para una señal TV PAL con modulación de frecuencia deseada y dos señales TV PAL con modulación de frecuencia interferentes (todas moduladas con una desviación de frecuencia de 25 MHz/V), EUTELSAT propone utilizar una PR 3 ó 4 dB superior para cada fuente interferente a fin de obtener la misma calidad que la lograda con una sola fuente interferente. Si se consideran 2,5 señales TV PAL con modulación de frecuencia interferentes, la PR necesaria para cada fuente interferente debe ser de 4 a 5 dB superior. El § 3.1.6 del Informe UIT-R BO.634 indica que en el caso de interferencia producida por múltiples señales, deben añadirse de 2 a 6 dB al resultado obtenido con el método normal de adición de potencias C/I para reflejar la interferencia acumulativa. Los estudios que han considerado la interferencia entre las portadoras de señales de TV-MF en el SFS han demostrado la influencia de tres fuentes interferentes cocanal del mismo nivel equivalente a la influencia de una sola fuente de interferencia con una potencia de 3 a 5 dB superior. Estos resultados sugieren que la ley de adición de potencias, que en este caso da lugar a un factor de 4,8 dB, corresponde al caso más desfavorable (Doc. 10-11S/138).

Los estudios realizados en la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones (Doc. 10-11S/138), basados en diversos resultados de mediciones, sugieren que la degradación causada por la interferencia cocanal es equivalente a la provocada por un ruido térmico cuyo nivel sea unos 6 dB superior al de la interferencia. Adoptando este método, puede determinarse el valor de la interferencia cocanal simplemente por extrapolación y considerarse como si se tratase de un ruido térmico y la degradación resultante puede estimarse aplicando una ecuación que relaciona la calidad de imagen con el nivel del ruido térmico equivalente. Para evaluar la interferencia causada por una señal de TV-MF analógica a otra señal igual, la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones ha elaborado plantillas de protección que se reproducen en el Doc. 10-11S/138 (véase también Doc. 10-11S/82). Aunque estas plantillas se han obtenido basándose en las mediciones NTSC y aplicando una nota de degradación de 4, en el texto de la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones se llega a la conclusión de que las plantillas también pueden ser aplicables a otras normas de televisión y, en particular, a la norma PAL. Sin embargo, también se deduce en el texto de origen que son necesarios más estudios para determinar las repercusiones de la interferencia en la subportadora de audio y el efecto de distintas anchuras de bandas de dispersión de energía.

Las plantillas de protección que aparecen en el Doc. 10-11S/138 se reproducen a continuación en las Figs. 2 y 3.

La Fig. 2 compara las plantillas con las relaciones de protección y las plantillas del Plan del SRS para las Regiones 1 y 3 contenido en los apéndices S30 (anexos 5 y 6) y S30A (anexo 3) del RR.

La Fig. 3 realiza una comparación similar para la Región 2 (apéndice S30 del RR, anexo 5).

En ambos casos, las relaciones de protección absolutas se han convertido a valores relativos para poder comparar las plantillas. Por ejemplo, para el Plan de las Regiones 1 y 3, las relaciones de protección en el mismo canal y de canal adyacente son 31 dB y 15 dB, respectivamente, con lo que se obtiene dos puntos de -16 dB en la Fig. 2 a $\pm 19,18$ MHz (separación entre canales adyacentes).

De ambas Figuras, 2 y 3, puede deducirse que las plantillas propuestas, cuando se comparan con las plantillas de protección del SRS para las Regiones 1 y 3 y para la Región 2 parecen coherentes con los sistemas que utilizan una desviación de frecuencia entre 12 y 13,5 MHz/V.

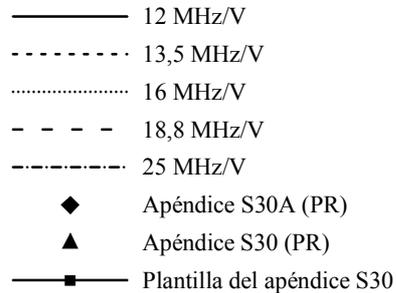
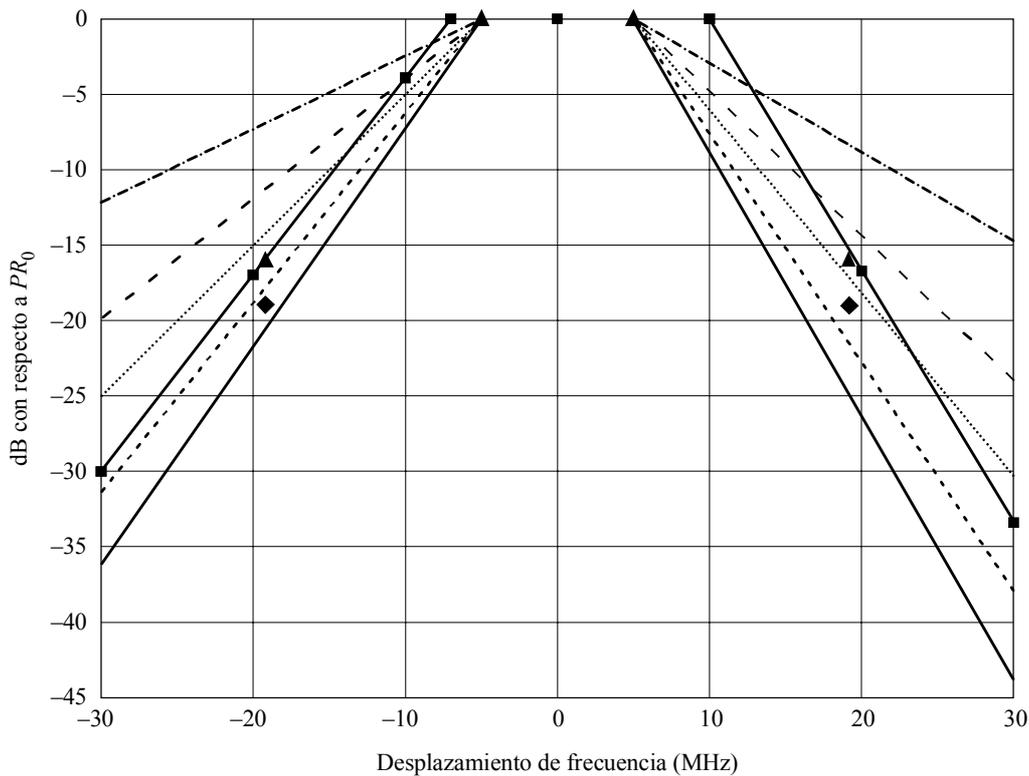
Las plantillas reproducidas en las Figs. 2 y 3 pueden constituir las bases de una nueva Recomendación sobre plantillas de protección para la interferencia producida entre las emisiones de TV-MF en el SRS. Sin embargo, cabe señalar que al aplicar estas plantillas a sistemas con desviación amplia también deben tenerse en cuenta los efectos de filtrado y dichos efectos tienden a reducir los niveles de interferencia de canal adyacente. Además, también debe estudiarse la naturaleza de la interferencia de las emisiones de TV-MF para las desviaciones amplias (puede ser más adecuado aplicar una plantilla con varios puntos de inflexión como la que se utiliza para la Región 2, reproducida en el apéndice S30 del RR, anexo 5, Fig. 6).

La contribución de Italia propone también unas PR cocanal y de canal adyacente para este tipo de interferencia, pero como no se describen las condiciones de prueba se propone no considerar aquí estos resultados.

En la reunión del GMT 10-11S celebrada en marzo de 1996, una propuesta de Croacia recomendaba sustituir la relación de protección relativa por una plantilla de relación de protección específica que se aplicaría para desplazamientos de frecuencias, basada en la plantilla de relación de protección cocanal que adoptase la CMR-97.

FIGURA 2

Comparación entre las plantillas de la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones y las plantillas de PR para las Regiones 1 y 3



Rap 2019-02

3.3 Protección de las portadoras digitales contra las portadoras analógicas

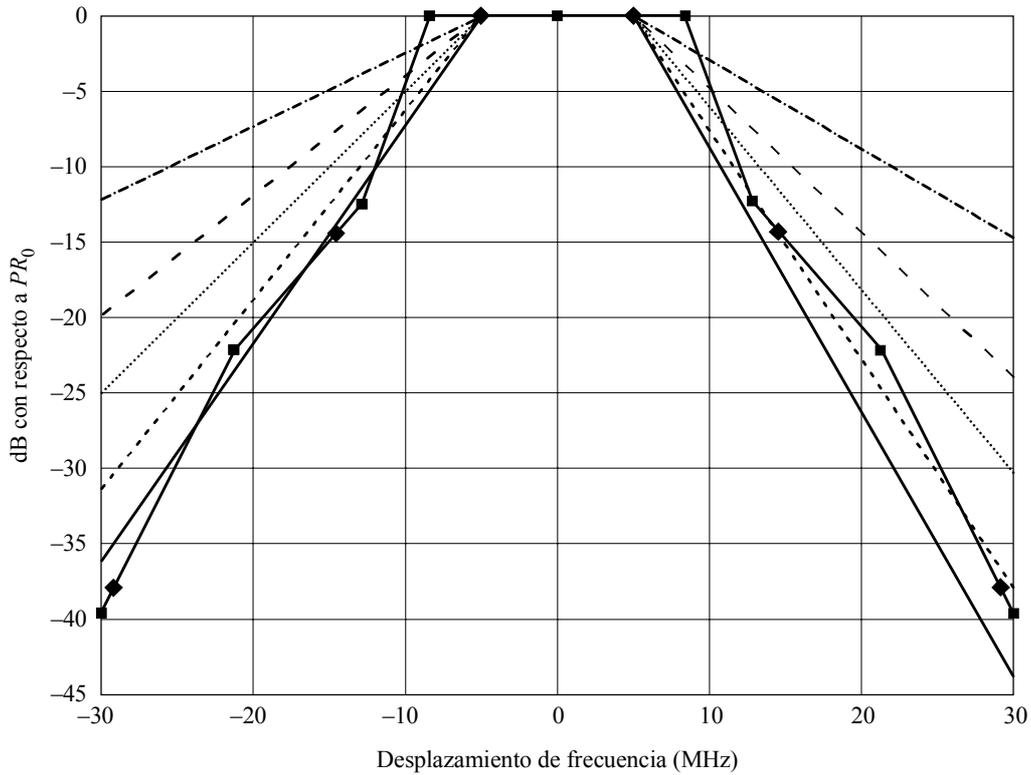
Los siguientes resultados completan los que aparecen en el § 3.1.12 del Informe BO.634.

Unas cuantas administraciones y organismos (UER, EUTELSAT, Francia, Italia ...) han realizado mediciones preliminares.

Por lo que se refiere a la interferencia causada por una señal de TV-MF del sistema PAL normalizado a una señal MDP-4 3/4 se han obtenido varias plantillas de protección para distintas desviaciones de frecuencia. Para el caso particular en que la interferencia corresponde a una degradación de 1 dB con respecto al objetivo C/N para obtener una BER de 2×10^{-4} tras efectuar una decodificación de Viterbi, pero antes de la decodificación Reed Solomon (RS), y utilizando una imagen de barras de color, se prevé una PR cocanal de aproximadamente 14 dB. Tras la decodificación RS aparecerá una señal casi sin error (es decir, menos de 1 error/h).

FIGURA 3

Comparación entre las plantillas de la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones y las plantillas de PR para la Región 2



- 12 MHz/V
- - - 13,5 MHz/V
- 16 MHz/V
- - - 18,8 MHz/V
- - - 25 MHz/V
- ◆ Apéndice S30 (PR)
- Plantilla del apéndice S30

Rap 2019-03

Recientes mediciones llevadas a cabo en Francia (France Télécom) permitieron obtener límites de protección para portadoras de 22,7 y 5,3 MBd (MDP-4 3/4) que cumplen la especificación de velocidad de transmisión de datos intermedia (IDR) (IESS 308).

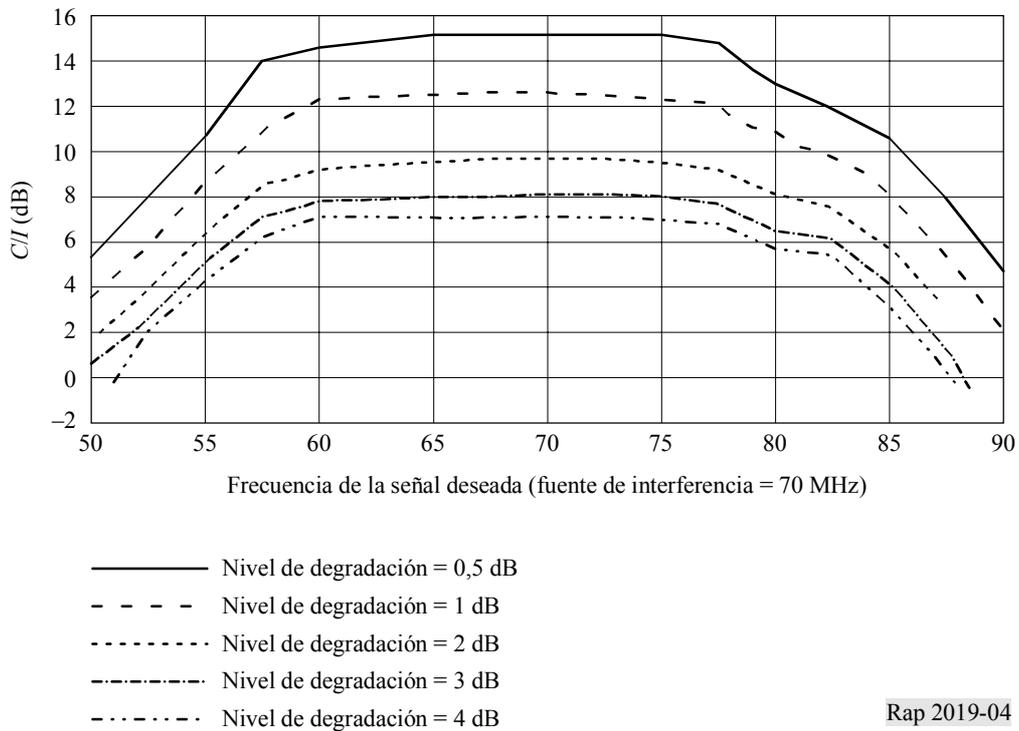
La señal interferente es una señal de prueba de barras de color 75% MF del sistema PAL. La desviación de frecuencia es 22 MHz/V, la dispersión de energía es de 600 kHz cresta a cresta, y la anchura de banda del filtro de frecuencia intermedia es 36 MHz.

La plantilla de protección para el caso de una señal deseada de 5,3 MBd se ha representado únicamente para un margen de degradación de 1 dB, pues este valor parece ser el mejor compromiso entre unas relaciones C/I realistas y la degradación del balance del enlace.

Una superposición de los dos primeros gráficos de plantillas distintas que utilizan valores relativos en vez de valores absolutos en el eje vertical indica que la forma de cada plantilla es casi siempre la misma.

FIGURA 4

Plantilla de protección: señal PAL (22 MHz/V, 36 MHz, distorsión de energía = 2 MHz cresta a cresta) interfiriendo a una señal digital para una BER = 2×10^{-4}



Se han realizado mediciones específicas para demostrar la influencia de los distintos parámetros de la señal de TV-MF en el sistema PAL (desviación de frecuencia, dispersión de energía, subportadoras de sonido, contenido de imagen) en las plantillas de protección de las señales digitales deseadas de 22,7 y 5,3 MBd (MDP-4 3/4) (véase (Doc. 10-11S/1 (ANEXO 2 al Anexo 2))). La desviación de frecuencia y los contenidos de imagen son los parámetros que tienen una influencia más significativa sobre las plantillas resultantes. Sin embargo, por lo que se refiere al contenido de imagen, cabe señalar que las plantillas de protección sólo pueden indicarse para una situación realista; es decir, para una señal de televisión media tal como el diagrama de pruebas del UIT-R. Por consiguiente, el único parámetro significativo que queda es la desviación de frecuencia.

Estas mediciones confirman también la validez de las fórmulas actualmente utilizadas para sumar varias fuentes de interferencia no homogéneas.

Se proponen nuevas plantillas de protección para la interferencia causada por señales digitales de 22,7 MBd (MDP-4 3/4, margen de degradación de 1 dB para una BER = 2×10^{-4}) a señales de TV-MF del sistema PAL con distintas desviaciones de frecuencia, así como las fórmulas asociadas que deben utilizarse para los cálculos de interferencia:

La plantilla tiene dos flancos de pendiente variable y una parte central plana de valor variable. Puede aproximarse mediante una figura de forma trapezoidal cuyos parámetros son función de la desviación de frecuencia.

FIGURA 5

Plantilla de protección: señal PAL (13,5 MHz/V, 27 MHz, dispersión de energía = 0,6 MHz cresta a cresta) interfiriendo a una señal digital para una BER = 2×10^{-4}

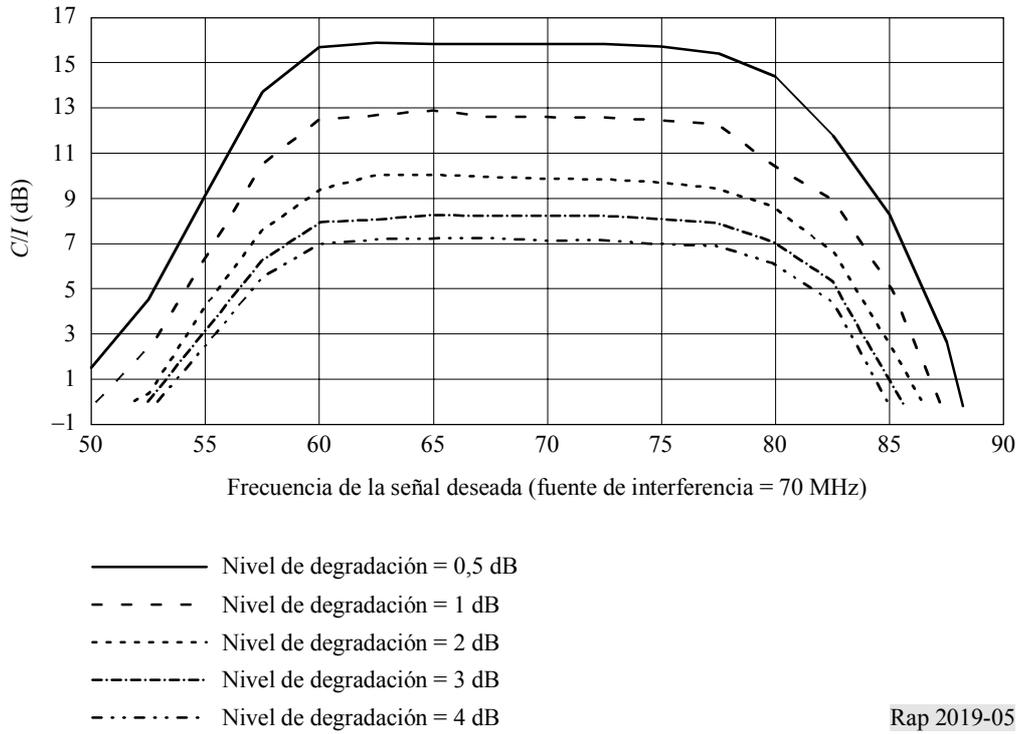
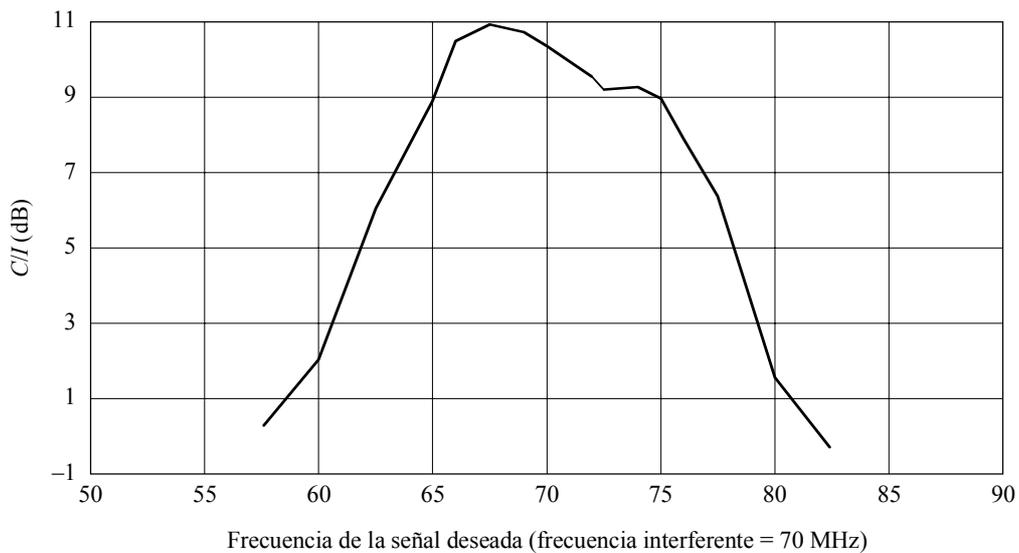


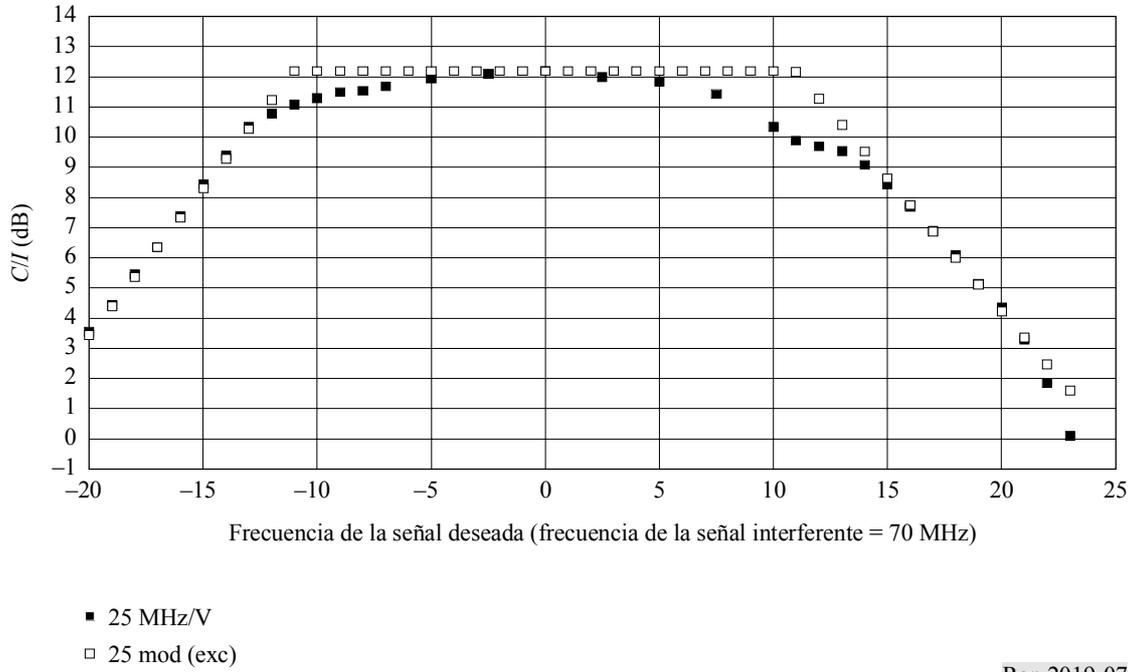
FIGURA 6

Plantilla de protección: señal PAL interfiriendo a una señal digital (8,448 Mbit/s) para una BER = 2×10^{-4}



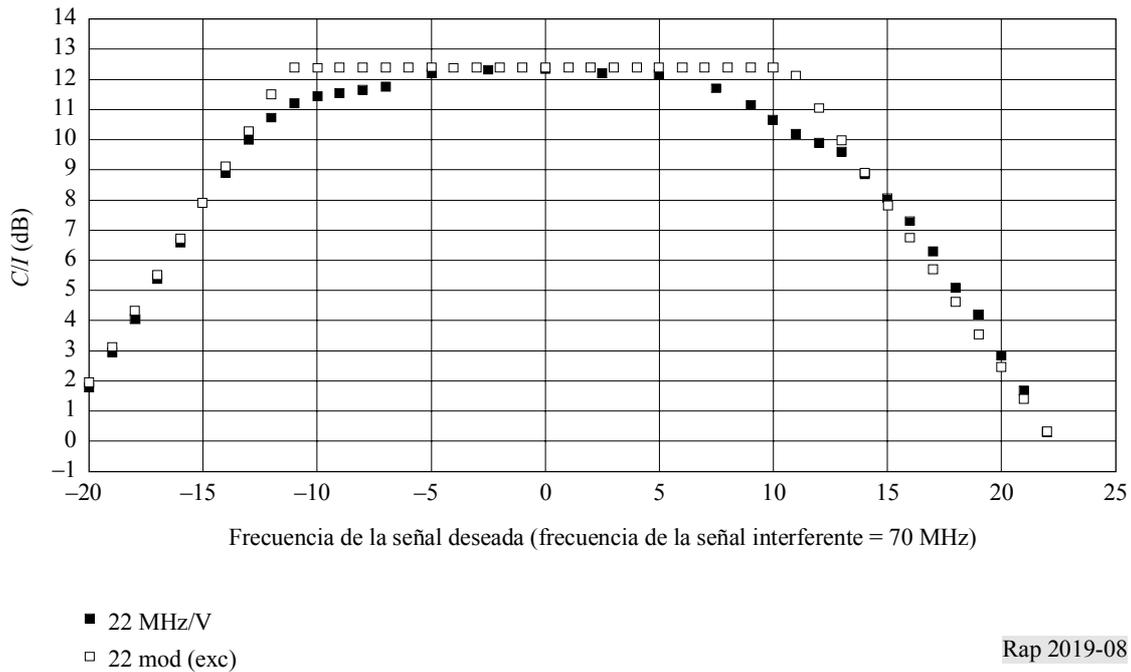
Puede obtenerse una fórmula aproximada para estas plantillas simplificadas a partir de los resultados. En las Figs. 7 a 10 se representan los modelos de plantillas obtenidos de esa forma junto con los resultados experimentales originales.

FIGURA 7
Plantilla y comparación con el modelo ($Fd = 25 \text{ MHz/V}$)



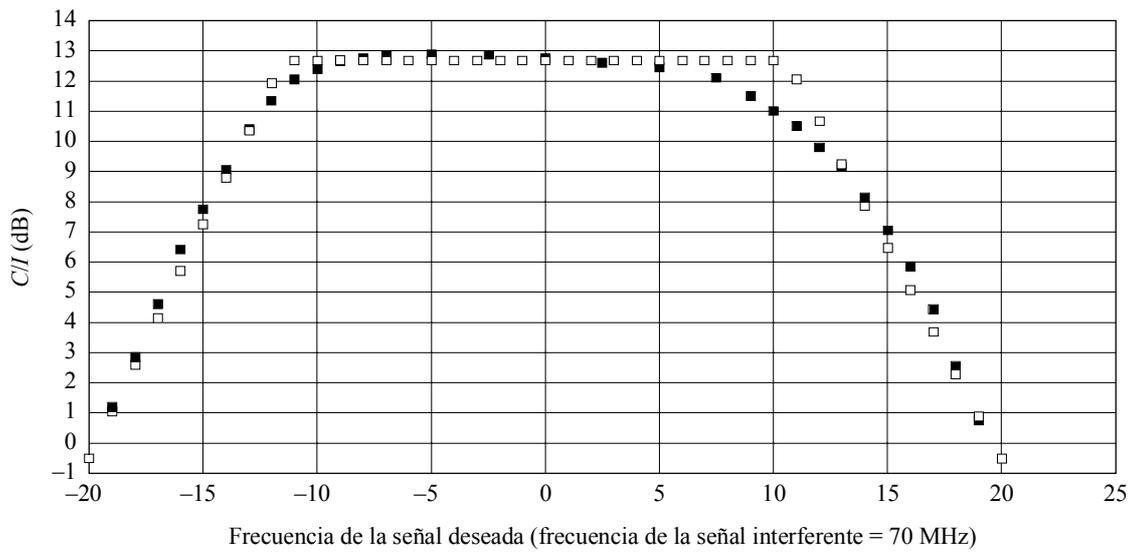
Rap 2019-07

FIGURA 8
Plantilla y comparación con el modelo ($Fd = 22 \text{ MHz/V}$)



Rap 2019-08

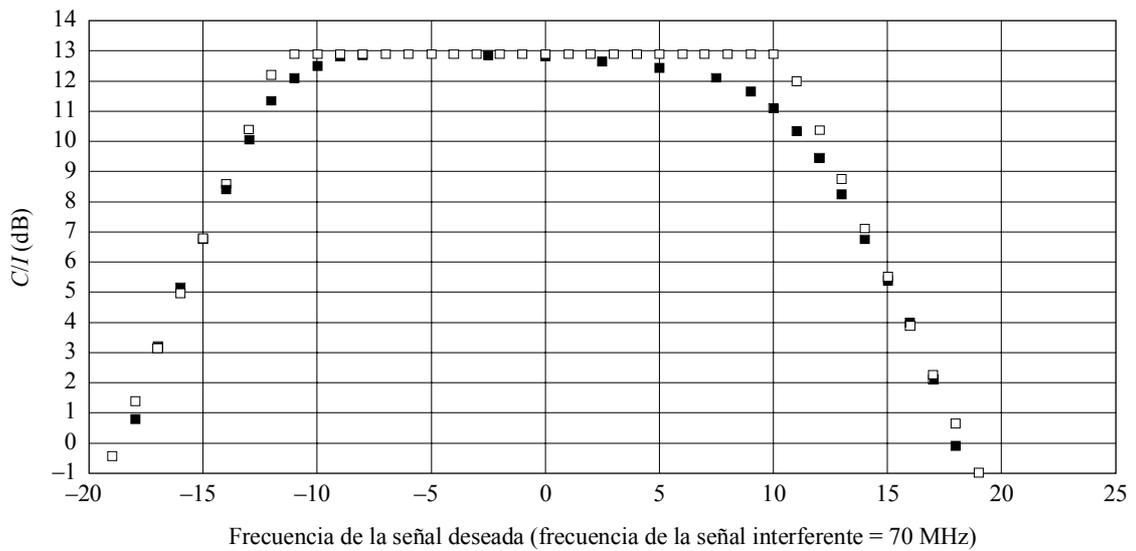
FIGURA 9
Plantilla y comparación con el modelo ($Fd = 17 \text{ MHz/V}$)



- 17 MHz/V
- 17 mod (exc)

Rap 2019-09

FIGURA 10
Plantilla y comparación con el modelo ($Fd = 13,5 \text{ MHz/V}$)



- 13,5 MHz/V
- 13,5 mod (exc)

Rap 2019-10

Fórmulas empíricas para un modelo de plantilla de protección contra una fuente interferente PAL analógica:

CUADRO 3

Pendiente del flanco anterior (frecuencia de la señal deseada < frecuencia de la señal interferente)	Parte plana	Pendiente del flanco posterior (frecuencia de la señal deseada > frecuencia de la señal interferente)
$C/I = a F + b$ siendo: $a = -0,072 Fd + 2,777$ $b = -0,947 Fd + 46,6$	$C/I = -0,06 Fd + 13,703$	$C/I = a F + b$ siendo: $a = + 0,064 Fd - 2,488$ $b = -0,691 Fd + 39,133$

Fd: desviación de frecuencia.

F: desplazamiento de frecuencia: frecuencia de la señal deseada – frecuencia de la señal interferente.

Estas plantillas confirman que el valor mencionado de 14 dB es el máximo para la PR cocanal y proponen unas PR de canal adyacente inferiores a 6 dB.

Para otros tipos de modulación digital tales como MDP-4 7/8, MDP-8 2/3 o MDP-8 5/6, la Radio Televisión Italiana (RAI) ha demostrado que puede preverse una PR cocanal entre 16 y 20 dB.

Para las PR de canal adyacente asociadas se prevén valores inferiores a los que define el apéndice S30 del RR (15 dB), sin embargo se necesitan más estudios para confirmar esta hipótesis.

EUTELSAT ha llevado a cabo mediciones similares a las efectuadas por Francia para portadoras digitales de 2, 8 y 34 Mbit/s y ha investigado los efectos de parámetros tales como dispersión de energía, desviación de frecuencia, contenido de imagen, número de subportadoras de sonido y velocidad de codificación (véase (Doc. 10-11S/27)).

Los resultados obtenidos para una portadora digital de 22,7 MBd son normalmente coherentes con los indicados anteriormente. La pendiente de los flancos de las plantillas propuestas coinciden razonablemente bien con los resultados para la gama de desplazamientos de frecuencia indicada anteriormente; sin embargo, para valores mayores del desplazamiento de frecuencia tienden a ser ligeramente pesimistas. Una comparación de los dos conjuntos de resultados muestra una forma similar pero con un ligero desplazamiento de frecuencia entre ellos, probablemente debido a las tolerancias en las mediciones. Los resultados de EUTELSAT confirman que los resultados de las mediciones también dependen del tipo de filtrado efectuado en el módem digital.

Los estudios de EUTELSAT han indicado que la forma de las plantillas de la PR no es muy sensible al nivel de degradación debida a la interferencia. Esto concuerda con las conclusiones de Francia. Sin embargo, es muy sensible al contenido de imagen, lo cual confirma la necesidad de determinar las plantillas para una imagen media a efectos de planificación. Los resultados también dependen del número y nivel de subportadoras transmitidas en la portadora de TV-MF para las velocidades de símbolo más bajas y los desplazamientos de frecuencia más elevados. También dependen del filtrado aplicado a la salida del modulador de MF. En el caso de las velocidades de símbolo más altas (por ejemplo, 22,7 MBd) las subportadoras no tienen una influencia significativa sobre la plantilla de la PR. El efecto de aplicar distintas velocidades de codificación a una portadora con velocidad de símbolos constante para la misma señal interferente consiste en un desplazamiento de la plantilla de PR medida sobre el eje *C/I* una cantidad equivalente a la diferencia en las ganancias de codificación. Ello refuerza la evidencia de que puede obtenerse una plantilla de protección general teniendo en cuenta la ganancia de codificación como uno de los parámetros.

Una contribución de Australia (Doc. 10-11S/91 (Add.1)) indica que, si bien los resultados de las pruebas disponibles se basan en la utilización de una señal de barras de color del 75% como la señal deseada, en la práctica pueden aparecer imágenes con una saturación de color más elevada (por ejemplo, subtítulos y gráficos generados por ordenador). Tales imágenes provocarían una interferencia más acusada para desplazamientos de frecuencia elevados con respecto a la obtenida con una señal de barras de color del 75%. Sin embargo, como tales escenas no son frecuentes en el material de imagen normal, la obtención de las plantillas de PR basándose en una saturación del color del 100% daría lugar a unos requisitos demasiado estrictos y, por consiguiente, a una concepción muy rigurosa de los Planes. El nivel del 75% de la saturación de color es el que se supone generalmente en las pruebas de transmisión para representar las características espectrales del material de imagen normal y, por consiguiente, también se considera apropiado en este caso. Actualmente se dispone de varios conjuntos de resultados para una gama de velocidades de símbolo que deben permitir el desarrollo de una plantilla general cuyos parámetros son función de la velocidad de símbolos, de la desviación de frecuencia de la señal interferente y de la velocidad de codificación. También debe establecerse la gama de velocidades de símbolo para la que es aplicable la plantilla.

3.4 Protección entre portadoras digitales

Los siguientes resultados completan los que figuran en el § 3.1.13 del Informe UIT-R BO.634.

Existen unas diferencias muy significativas en las plantillas de PR obtenidas en comparación con la situación de interferencia causada por una señal analógica a una señal digital.

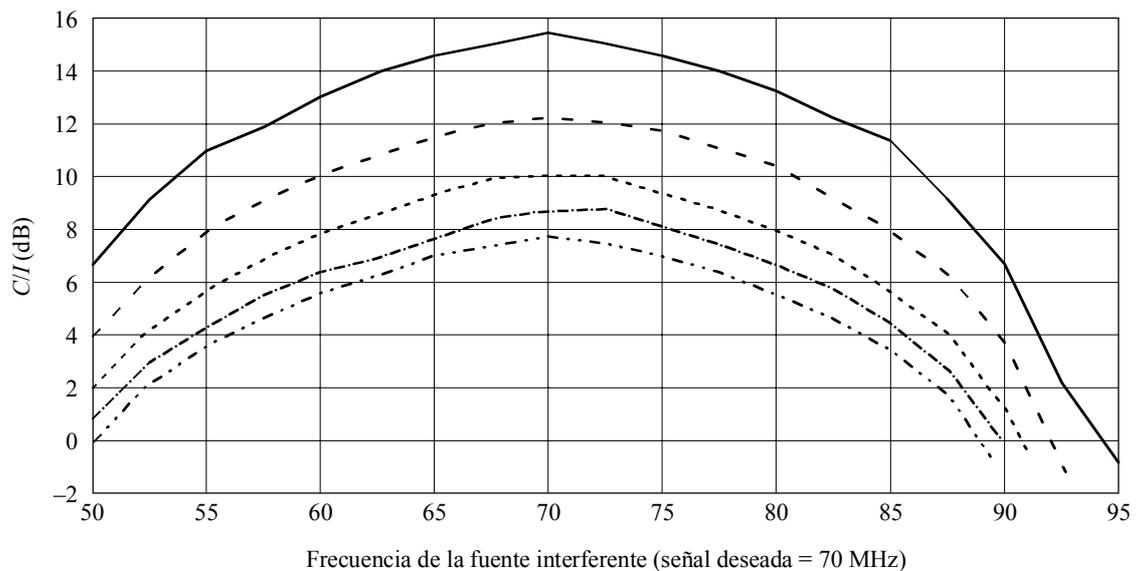
Las PR resultantes dependen del nivel de degradación permitido en la relación C/N para obtener una BER determinada, del tipo de modulación y de la codificación de canal utilizada.

En mediciones llevadas a cabo en Francia, y cuyos resultados aparecen en (Doc. 10-11S/1 (ANEXO 2 al Anexo 2)), se ha confirmado que la potencia del ruido blanco gaussiano y de la señal interferente digital pueden sumarse simplemente siempre que esta última no sea el factor predominante en la suma. Además, se proponen las plantillas de protección para distintos niveles de degradación (0,5 dB, 1 dB, 2 dB, 3 dB y 4 dB) permitidos en la relación C/N de una señal digital determinada a 22,7 MBd (MDP-4 3/4) producida por otra señal digital a 22,7 MBd (MDP-4 3/4).

Se constituye un bucle de FI mediante un modulador y un demodulador IDR a 22,7 MBd (MDP-4 3/4) (IESS 308). Se incorpora un generador de secuencia binaria pseudoaleatoria al modulador y un contador de BER proporciona directamente la calidad de la señal recibida por el demodulador. El código convolucional utilizado tiene un índice de 3/4 (fijo) (para una $BER = 2 \times 10^{-4}$, el módem utilizado exige una relación E_b/N_0 en el bucle de FI de aproximadamente 4,85 dB).

FIGURA 11

Plantilla de protección: interferencia causada por una señal digital a otra señal digital para una $BER = 2 \times 10^{-4}$



- Nivel de degradación = 0,5 dB
- - - Nivel de degradación = 1 dB
- Nivel de degradación = 2 dB
- · - · - Nivel de degradación = 3 dB
- - · - · Nivel de degradación = 4 dB

Rap 2019-11

La señal interferente es otra portadora IDR de 22,7 MBd (MDP-4 3/4) generada por un modulador que utiliza su generador de secuencia binaria pseudoaleatoria interno. Su secuencia y la de la señal medida no están correlacionadas.

Cada curva representa el valor mínimo de la relación C/I en función de la frecuencia interferente, para un margen determinado (de 0,5 a 4 dB).

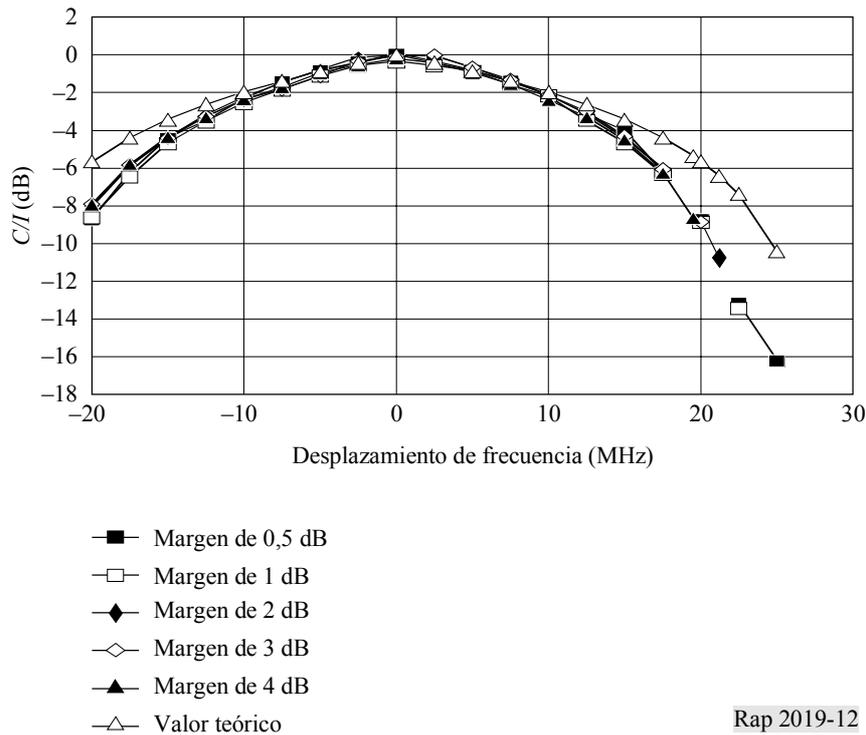
Ello significa que si el balance del enlace permite una pérdida de 1 dB para la interferencia, la relación entre la portadora y la señal interferente debe ser superior a la que señala la curva del margen de 1 dB para la frecuencia considerada a fin de obtener una BER mejor que 2×10^{-4} .

Estas nuevas plantillas confirman que las PR cocanal y de canal adyacente mencionadas pueden aplicarse con unos márgenes confortables.

La señal interferente se considera normalmente un ruido blanco uniformemente distribuido en su anchura de banda ocupada. Por consiguiente, la potencia de la señal interferente se calcula como la fracción de potencia en la anchura de banda parcial que intercepta la de la señal útil.

Se calcula la verdadera potencia de la señal interferente (suponiendo que la relación $C/N + I$ permanece constante para una BER determinada) y se traza el tráfico de su variación en función del desplazamiento de frecuencia para diversos valores de ruido térmico. La otra curva muestra la variación teórica para una señal uniformemente distribuida.

FIGURA 12
Variación de la relación C/I (dB)



La variación real es mucho más abrupta que la teórica. Este resultado demuestra la necesidad de introducir un factor de corrección que depende del desplazamiento de frecuencia, si va a seguir utilizándose este método para el cálculo de la interferencia.

Este resultado ha sido confirmado mediante mediciones indicadas en otra contribución de Francia relativa a portadoras de 8 Mbit/s.

Una contribución de Australia (Doc. 10-11S/91 (Add.1)) considera las posibles consecuencias, por lo que a los métodos de cálculo de interferencia se refiere, de la utilización de señales digitales de banda estrecha por satélite en el SRS.

Para la interferencia causada por las señales digitales de banda estrecha en las señales digitales de banda ancha, se sugiere como hipótesis razonable el método de considerar la interferencia como un ruido (es decir, calcular el efecto de la interferencia como una relación de las anchuras de banda ocupadas superpuestas). La misma conclusión cabe aplicar para el caso inverso (señal interferente de banda ancha perturbando a señales digitales de banda estrecha) y para el caso de la interferencia causada por las señales digitales de banda estrecha en las señales digitales de banda estrecha.

En el caso de portadoras digitales de banda estrecha interfiriendo en otras portadoras digitales de banda estrecha, puede que sea posible intercalar las frecuencias de tales portadoras durante el proceso de planificación a fin de minimizar la interferencia mutua entre ellas. También deben tenerse en cuenta otros efectos, específicamente el ruido de intermodulación producido por la utilización de múltiples portadoras de banda estrecha en un solo transpondedor.

Estudios llevados a cabo en Estados Unidos de América confirman que la interferencia puede modelarse como el ruido, siempre que la potencia interferente no sea predominante. En el Doc. 10-11S/156 (Preliminary analysis of co-channel digital-to-digital protection ratios for a variety of modulation formats, 14 May 1999) se indica que la suma de potencia es

prudente, si la PR interferente a la potencia de ruido, I/N , es inferior a -2 dB. Para valores más elevados de I/N la adición de potencia infravalora el efecto de interferencia. Se piensa que esta desviación con respecto al comportamiento similar al ruido es debida a fenómeno de deslizamiento del ciclo que se produce en los bucles de sincronización del receptor. Estas observaciones se basan en simulaciones de interferencia entre portadoras de modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados (MAQ-16). Para este estudio se han elegido las portadoras MAQ en vez de las MDP para que la prueba sea más restrictiva que la hipótesis de la interferencia digital similar al ruido.

En el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BO.1293 se describe un método de cálculo de los límites de protección para la interferencia entre distintos tipos de portadora digital. El método de cálculo se basa en la hipótesis de un canal de satélite lineal. En la Recomendación UIT-R BO.1293 se piden estudios adicionales para cuantificar los efectos del canal no lineal.

En el caso del canal de satélite no lineal, la amplificación de alta potencia de la señal interferente produce crecimiento espectral de los lóbulos laterales. La interferencia aportada por los lóbulos laterales es despreciable cuando las señales deseada e interferente son pequeñas, pero se hace crecientemente significativa a medida que aumenta el desplazamiento de frecuencia.

En la reunión de mayo de 1999 del GMT 10-11S, se revisó el método de cálculo del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BO.1293 para tener en cuenta los efectos de la transmisión de señales digitales a través de un canal de satélite no lineal. Las revisiones se basaron en información contenida en el Doc. 10-11S/138. Las revisiones a la Recomendación UIT-R BO.1293 se recogen en el Doc. 11/109 (Rev.1) (Proyecto de revisión de la Recomendación UIT-R BO.1293 – Límites de protección y métodos de cálculo correspondientes para la interferencia causada a los sistemas de radiodifusión por satélite en los que intervienen emisiones digitales, 29 de junio de 1999).

El método de cálculo revisado utiliza el algoritmo básico del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BO.1293. Aplica el algoritmo dos veces más que en el método de cálculo para el canal lineal, una vez para el primer lóbulo lateral espectral y otra vez para el segundo lóbulo lateral espectral de la portadora digital interferente. El nivel de cada lóbulo lateral se ajusta para reflejar las características principales del canal de transmisión no lineal, es decir las características de transferencia de potencia del amplificador de alta potencia, su punto de funcionamiento (back-off) y la atenuación de lóbulos laterales debida al filtrado posterior al amplificador de alta potencia.

En el Doc. 10-11S/138 se demuestra la exactitud del método de cálculo revisado, donde se comparan los resultados del cálculo con los obtenidos por simulación de portadoras digitales de radiodifusión típicas. Existe una buena concordancia entre los dos juegos de resultados, si bien el filtrado posterior al amplificador de alta potencia se valora prudentemente en el método de cálculo. Se hace así a la vista de que las características del filtro posterior al amplificador de alta potencia variarán de un sistema a otro. En el Doc. 10-11S/138 se proponen valores adecuados para los parámetros de entrada del método de cálculo revisado (en relación con los niveles de lóbulos laterales y atenuación de lóbulos laterales debido al filtrado posterior al amplificador de alta potencia).

3.5 Conclusión común sobre la protección de las señales digitales

Los primeros resultados demuestran que las PR cocanal son muy parecidas a las indicadas en el § 3.3 (entre 14 y 18 dB). En el caso de las PR de canal adyacente existen diferencias más significativas.

Los niveles de interferencia causados por una señal analógica o digital a portadoras digitales deseadas están directamente relacionados con el nivel de degradación del valor de la relación C/N objetivo permitido para la interferencia. Ello significa que cuanto mayor sea el valor de la relación C/N térmica mayor sería la interferencia causada al sistema digital, considerando un valor crítico umbral de la relación $C/N + I$ a respetar.

Por consiguiente, se propone establecer una referencia para el nivel de degradación permitido por la interferencia causada a las portadoras digitales antes de fijar los valores de las PR.

Sin embargo, este grupo también opina que con respecto a los primeros valores de las PR presentados en los § 3.3 y 3.4, pueden preverse sin dificultades una PR cocanal de aproximadamente 20 dB y una PR de canal adyacente de unos 15 dB, pues estos valores corresponden a un margen importante sobre la degradación de la relación C/N .

El resultado obtenido al final de los § 3.3 y 3.4 para la protección de las portadoras digitales muestra que la diferencia entre la PR cocanal y una PR para un desplazamiento de frecuencia determinado, para un conjunto concreto de parámetros de modulación, no está relacionada con el nivel de degradación permitido a causa de la interferencia sobre el valor de la relación C/N objetivo.

Por consiguiente, para cada conjunto de parámetros de modulación, debe establecerse una sola plantilla de protección para un nivel determinado de degradación (por ejemplo, 1 dB). En ese caso, la plantilla de protección relativa a distintos niveles de degradación se obtiene desplazando el anterior modelo de referencia de la PR cocanal de referencia a la nueva PR cocanal asociada con este distinto nivel de degradación.

4 Compatibilidad entre las transmisiones del SRS y los sistemas de operaciones espaciales

El apéndice S30 del RR reglamenta la utilización de las bandas de frecuencias 11,7-12,5 GHz (en la Región 1) y 11,7-12,2 GHz (en la Región 3) asignando canales a las administraciones en estas Regiones para el servicio de radiodifusión por satélite pero no se han realizado asignaciones específicas para las operaciones de teledifusión, seguimiento y teledifusión por satélite (aunque en el anexo 5 al apéndice S30 del RR se especifican bandas de guarda en los bordes de ambas bandas). En consecuencia, puede que sea difícil utilizar estas bandas para las operaciones de teledifusión, teledifusión y seguimiento (TTS) de mantenimiento (en el Informe UIT-R BO.1076 se consideran algunas posibles dificultades que supone esta implementación particular de la función de operaciones espaciales). El objeto de las bandas de guarda en los Planes de frecuencia de los apéndices S30 y S30A del RR es fundamentalmente limitar las emisiones no esenciales de los sistemas del servicio de radiodifusión por satélite a fin de proteger los servicios en las bandas de frecuencias adyacentes.

La BR ha indicado al GMT 10-11S que debido a la falta de un procedimiento específico, la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB) ha decidido que las asignaciones de frecuencias en las bandas de guarda de los Planes estén sujetas al procedimiento de publicación anticipada. Sin embargo, no se ha realizado ningún otro examen técnico.

La BR ha informado también que en sus propuestas de modificación/adición a los Planes, algunas administraciones, debido a la utilización de anchuras de banda y frecuencias centrales distintas a las del Plan, superponen las bandas de guarda de los Planes y, por consiguiente, pueden resultar afectadas las funciones de servicio de los vehículos espaciales (TTS) que están funcionando en dichas bandas de guarda.

Mientras tanto, siempre que la BR considera que una modificación propuesta de los Planes de los apéndices S30 y S30A del RR supone asignaciones de frecuencias que se superponen con las bandas de guarda, incluye una nota en la Sección especial y llama la atención de las administraciones que probablemente resultarán afectadas a fin de que envíen sus comentarios en el plazo de cuatro meses a partir de la fecha de estas publicaciones.

El texto siguiente describe las bandas de guarda actualmente definidas en los apéndices S30 y S30A del RR y considera la posibilidad de una redefinición (reducción) de estas bandas de guarda para aumentar la flexibilidad de los Planes, basándose en una revisión de las hipótesis utilizadas originalmente en su definición (Doc. 10-11S/57 (Add.1)). Además, para evaluar la compatibilidad de las transmisiones del servicio de radiodifusión por satélite en las bandas de guarda de los apéndices S30 y S30A del RR con el servicio de operaciones espaciales, el Grupo ha considerado la información disponible en las contribuciones e Informes citados a continuación (Informe UIT-R BO.807, Informe UIT-R BO.1076 y Docs. 10-11S/153, 10-11S/78, 10-11S/8, 10-11S/9, 10-11S/26, 10-11S/35) y en el § 4.3 da orientaciones a las administraciones que pretenden utilizar las bandas de guarda de los apéndices S30 y S30A del RR para la explotación de dichos servicios.

4.1 Bandas de guarda definidas en los apéndices S30 y S30A del RR

Las bandas de guarda de los Planes del servicio de radiodifusión por satélite aparecen definidas en el § 3.9 del anexo 5 del apéndice S30 del RR (§ 3.1 del anexo 3 del apéndice S30A del RR).

Las hipótesis barajadas para establecer estas bandas de guarda en los bordes inferior y superior de la banda del servicio de radiodifusión por satélite han sido las siguientes (véase el § 3.9.2 del anexo 5 del apéndice S30 del RR): un valor máximo de la p.i.r.e. en el centro del haz del satélite de 67 dBW para el sistema del servicio de radiodifusión por satélite, una característica de atenuación del filtro de 2 dB/MHz y una p.i.r.e. de 39 dBW para los sistemas del servicio fijo por satélite en las bandas de frecuencias adyacentes. Con ello se obtiene una banda de guarda de 14 MHz, cuando sea posible.

CUADRO 4

	Regiones	Banda de guarda en el extremo inferior de la banda (MHz)	Banda de guarda en el extremo superior de la banda (MHz)
Enlace descendente a 12 GHz	1 3	14 14	11 17,88
Enlace de conexión a 14 GHz	1 y 3	11,8	11,86
Enlace de conexión a 17 GHz	1 y 3	14	11

Obsérvese que la definición se basa en la protección de los sistemas del servicio fijo por satélite que ocupan las bandas de frecuencias adyacentes en vez de en la protección de los sistemas del servicio de operaciones espaciales, como se ha indicado anteriormente.

4.2 Ámbito para la revisión de las bandas de guarda

Para la revisión del Plan del apéndice S30 del RR, la CMR-95 decidió considerar una reducción general de la p.i.r.e. de 5 dB en el enlace descendente (Resolución 531 (CMR-95)) para cada una de las asignaciones del Plan.

Como consecuencia, suponiendo la misma característica de atenuación del filtro de 2 dB/MHz, podría adoptarse una reducción en la anchura de banda de aproximadamente [2,5] MHz para las bandas de guarda en cada extremo de las bandas del servicio de radiodifusión por satélite sin que tenga ninguna repercusión en los servicios que funcionan en las bandas de frecuencias adyacentes.

Las bandas de guarda resultantes pasarían a ser las del Cuadro 5:

CUADRO 5

	Regiones	Banda de guarda en el extremo inferior de la banda	Banda de guarda en el extremo superior de la banda
Enlace descendente a 12 GHz	1 3	[11 700-11 711,5 = 11,5 MHz] [11 700-11 711,5 = 11,5 MHz]	[12 491,5-12 500 = 8,5 MHz] [12 184,62-12 200 = 15,38 MHz]
Enlace de conexión a 14 GHz	1 y 3	[14 495,7-14 505 = 9,3 MHz]	[14 790,64-14 800 = 9,36 MHz]
Enlace de conexión a 17 GHz	1 y 3	[17 300-17 311,5 = 11,5 MHz]	[18 091,5-18 100 = 8,5 MHz]

La actual separación de los canales adyacentes en los enlaces ascendente y descendente para los Planes del servicio de radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 es de 19,18 MHz en el caso de canales adyacentes con polarización cruzada y de 38,36 MHz entre dos canales adyacentes que utilicen la misma polarización. No se propone aprovechar la posible reducción en el tamaño de las bandas de guarda, mencionada anteriormente, para modificar la actual separación de canales y la anchura de banda.

Con esa separación de canales de 38,36 MHz actualmente es posible implantar portadoras analógicas o digitales con una anchura de banda necesaria superior a los 27 MHz definidos en los apéndices S30 y S30A del RR. Por ejemplo, la mayoría de las modificaciones realizadas con arreglo a las disposiciones del artículo 4 de los apéndices S30 y S30A del RR requieren portadoras analógicas o digitales con una anchura de banda necesaria de 33 MHz que se adapta mejor al actual compromiso óptimo entre potencia y anchura de banda para las aplicaciones digitales. La reducción mencionada de las bandas de guarda permitiría, por ejemplo, esta flexibilidad en todos los canales del Plan.

4.3 Protección de los sistemas del servicio de operaciones espaciales

Este punto considera la anchura de banda necesaria, el porcentaje de disponibilidad y los criterios de protección necesarios para proteger los sistemas del servicio de operaciones espaciales. También estudia la protección de los canales de radiodifusión contra las señales de TTS adyacentes.

4.3.1 Protección de las señales TTS contra las portadoras del SRS

La anchura de banda del enlace espacio-Tierra generalmente viene determinada por señales de determinación de la distancia en vez de señales de telemetría. Con respecto al enlace Tierra-espacio, la anchura de banda necesaria también viene determinada generalmente por la transmisión de las señales de determinación de la distancia. Las anchuras de banda necesarias son del orden de 200 kHz a 1,6 MHz para los métodos de modulación clásicos. Las nuevas técnicas de modulación tales como las de espectro ensanchado exigirán anchuras de banda superiores a 1 MHz y permitirán una múltiple reutilización de la misma banda. Pueden bastar valores inferiores si el seguimiento se efectúa mediante interferometría o mediciones de variación de la distancia (efecto Doppler medido en la portadora).

La anchura de banda de referencia en la que debe especificarse el nivel o la PR depende de las características de los receptores utilizados y de su susceptibilidad a las interferencias de onda continua con modulación de amplitud o modulación de fase de bajo índice de modulación. A menudo se utilizan receptores de enganche de fase; en tales casos, la reacción del receptor a una fuente interferente de banda estrecha viene caracterizada por la anchura de banda de ruido equivalente del bucle. Esta anchura de banda normalmente se fija a un valor entre unos pocos cientos de hertzios y unos pocos kilohertzios. Por consiguiente, puede adoptarse un valor de 1 kHz como anchura de banda de referencia.

Generalmente, el porcentaje de tiempo durante el cual los enlaces espaciales pueden tolerar un nivel de interferencia por encima del nivel de protección puede fijarse al 1% de cada día. Este valor se basa en la hipótesis de que el vehículo espacial va equipado con memoria y dispositivos automáticos para garantizar su seguridad durante las interrupciones de las telecomunicaciones. Esta condición no siempre ha sido satisfecha en el pasado pero se considera razonable su exigencia para los futuros sistemas.

Sin embargo, una interferencia que dure más de 15 min consecutivos es intolerable durante ciertas etapas críticas previsibles, tales como las fases de lanzamiento, maniobras críticas del vehículo espacial o en el caso de vehículos espaciales de breve duración tales como los cohetes sonda. No sería razonable establecer criterios de protección basándose en estas situaciones excepcionales y sería preferible invitar a las administraciones correspondientes a que realicen análisis especiales de la interferencia que probablemente aparecerá y a que tomen las medidas necesarias para aplicarlas de forma temporal y limitada a regiones específicas.

La potencia de los transmisores de la estación terrena generalmente puede aumentarse dentro de los límites impuestos por el RR y los receptores de TTS a bordo, por consiguiente, no siempre funcionan con el valor máximo de sensibilidad. En consecuencia, la protección de los receptores de la estación espacial se expresa de forma más conveniente mediante PR que mediante niveles de protección. Para los enlaces de conexión, las principales pruebas de interferencia se han llevado a cabo en Francia. Con las señales de televisión disponibles en el laboratorio, las pruebas han demostrado que es necesaria la siguiente PR para una señal TTS en el borde del canal del enlace de conexión (una separación entre las frecuencias nominales de las señales TTS y del enlace de conexión de 13,5 MHz):

$$P_{TTS} / P_{TV} \geq -27 \text{ dB}$$

siendo:

P_{TTS} : potencia de portadora de la señal TTS a la entrada del receptor del satélite TTS

P_{TV} : potencia de portadora de la señal del enlace de conexión a la entrada del receptor del satélite TTS.

En consecuencia, para las estaciones espaciales que llevan a cabo funciones del servicio de operaciones espaciales, la relación entre la potencia de la señal y la potencia interferente total no debe ser inferior a -27 dB durante un periodo que rebasa el 1% del tiempo de cada día.

Para el enlace descendente, generalmente se intenta disminuir al mínimo la potencia necesaria de los transmisores a bordo y, por lo tanto, los receptores de la estación terrena tienen que funcionar con la máxima sensibilidad. En este caso, puede ser más conveniente expresar el requisito de protección como un nivel de protección en vez de como una relación de protección.

Por encima de 1 GHz, se considera que la temperatura de ruido total de las estaciones terrenas es 100 K o superior lo cual, a la entrada del receptor, es equivalente a una densidad espectral de potencia del ruido de $kT = -208,6$ dB(W/Hz). Se considera además que, en la mayoría de los casos, se necesita una protección adicional de unos 5 dB contra todos los tipos de interferencia. Siguiendo este método, la densidad espectral de potencia interferente total no debe rebasar el valor de -214 dB(W/Hz) a la entrada del receptor. En consecuencia, para las estaciones terrenas que llevan a cabo funciones del servicio de operaciones espaciales, la potencia de interferencia total a la entrada del receptor en cualquier banda de 1 kHz no debe superar el valor de -184 dBW durante más del 1% del tiempo de cada día.

No obstante, el problema de la interferencia en el enlace descendente es más complejo que lo que sugiere este análisis debido a la aparición de productos de intermodulación en el repetidor del satélite y a la existencia de otras fuentes de interferencia. Son necesarios más estudios al respecto. De forma provisional, también pueden aplicarse al enlace descendente los requisitos de protección obtenidos para la interferencia del enlace de conexión.

4.3.2 Protección de los canales de radiodifusión adyacentes contra las señales TTS

Las señales TTS no deben en ningún caso degradar las transmisiones de radiodifusión. Con respecto a los enlaces de conexión, las pruebas realizadas en Francia han demostrado que la PR de los canales adyacentes con respecto a la suma de las portadoras TTS interferentes debe ser igual a 20 dB:

$$P_{TV} / (P_{TTS})_{total} \geq 20 \text{ dB}$$

siendo:

P_{TV} : potencia de portadora de la señal del canal adyacente a la entrada del receptor de carga útil

$(P_{TTS})_{total}$: potencia de portadora de las portadoras TTS interferentes a la entrada del receptor de carga útil.

Sin embargo, debido a la brusca disminución del efecto de la interferencia al aumentar la separación de frecuencias entre las señales de radiodifusión y las señales TTS, se ha demostrado que es suficiente aplicar la siguiente relación:

$$P_{TV} / P_{TTS} \geq 26 \text{ dB}$$

siendo P_{TTS} la potencia de una sola portadora interferente TTS a la entrada del receptor de carga útil. No obstante, se necesitan más estudios para confirmar la pertinencia de este valor.

4.4 Aspectos de explotación

A continuación se indican las ventajas e inconvenientes que supone la utilización, para las funciones de los servicios de operaciones espaciales, de las bandas de frecuencias de misión y las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de operaciones espaciales o una combinación de ambas.

4.4.1 Utilización de las bandas de misión para las operaciones espaciales

4.4.1.1 Ventajas

Como la mayoría de los vehículos espaciales van equipados con transmisores y receptores para telecomunicaciones directamente relacionadas con su misión, generalmente es preferible utilizar los mismos equipos para la TTS a fin de reducir el coste de los equipos a bordo y en la estación terrena y economizar espectro.

4.4.1.2 Inconvenientes

La experiencia demuestra que este modo de funcionamiento no siempre es el mejor:

- cuando se utilizan frecuencias por encima de 7 GHz para telecomunicaciones de misión, a menudo es difícil asegurar a bordo del vehículo espacial el diagrama de radiación necesario para garantizar el mantenimiento de los enlaces durante las fases de lanzamiento y de pérdida de actitud nominal;
- en algunas bandas de frecuencias atribuidas a telecomunicaciones de misión, los Planes de adjudicación no tienen en cuenta específicamente la transmisión de los datos de operaciones espaciales;
- la economía realizada en los equipos de a bordo es inferior a la que parece a primera vista en los casos donde es necesario instalar un sistema de antena de amplia cobertura para las funciones de operaciones espaciales además de las antenas de radiación directivas generalmente utilizadas para las telecomunicaciones de misión;
- la economía en los equipos de la estación terrena no está necesariamente garantizada puesto que las funciones de las operaciones espaciales pueden exigir un emplazamiento geográfico de las estaciones distinto del necesario para las funciones de misión.

4.4.2 Utilización de bandas específicas del servicio de operaciones espaciales

4.4.2.1 Ventajas

Teniendo en cuenta todo el gasto realizado a bordo y en tierra, puede ser más barato contar con una sola red de estaciones terrenas para las operaciones espaciales. Dichas estaciones funcionarían con satélites que lleven a cabo misiones para varios servicios a los que se han atribuido distintas bandas de frecuencias. La red común utilizaría frecuencias atribuidas específicamente al servicio de operaciones espaciales.

4.4.2.2 Inconvenientes

La ventaja de una red de estaciones terrenas polivalente que utilice frecuencias atribuidas en exclusividad al servicio de operaciones espaciales y funcione con varios vehículos espaciales resulta limitada si alguno de estos vehículos espaciales exige el funcionamiento permanente de los enlaces de telemetría, lo que haría necesario aumentar el número de estaciones terrenas. Ello reduciría la utilización eficaz de frecuencias y aumentaría la posible interferencia, especialmente en el caso de los satélites geoestacionarios.

4.4.3 Utilización combinada de bandas de frecuencia de misión y específicas

En conclusión, la mejor solución, especialmente para las telecomunicaciones de misión que utilizan frecuencias por encima de 8 GHz, puede consistir en equipar al vehículo espacial con dos sistemas de TTS, uno funcionando en la banda atribuida a la misión y el otro en la banda de frecuencias más adecuada para las operaciones espaciales; es decir la banda 1-8 GHz. El primer sistema se utilizaría preferentemente en las fases de rutina y sería puesto en funcionamiento por las estaciones terrenas de las telecomunicaciones de misión o por una estación terrena especializada; el segundo sistema se emplearía durante la fase del lanzamiento o durante otras fases críticas sin que ello sobrecargase indebidamente a la red de estaciones terrenas polivalente. El coste adicional del equipo a bordo es menos elevado de lo que podría parecer en principio, debido a que el codificador de teledifusión y el decodificador de telemando no tienen que estar duplicados y las antenas a bordo deberían estar duplicadas en cualquier caso para asegurar la cobertura necesaria durante las fases críticas. El coste adicional del equipo en tierra se compartiría entre los sistemas de usuario. Para compensar estas inversiones adicionales, esta solución aseguraría la mayor fiabilidad y flexibilidad operativas posibles en todas las fases de la misión sin que ello entrañase un aumento apreciable en los costes de explotación.

5 Interferencia entre las transmisiones del SFS y las asignaciones al SRS

5.1 Interferencia causada por las transmisiones del SFS en las asignaciones del SRS

Cuando se utilizan las asignaciones al SRS para efectuar transmisiones del SFS, se supone que estas asignaciones no pueden causar más interferencias que las transmisiones del SRS que funcionan de conformidad con el Plan. En este punto se indican los límites en los niveles de potencia de las transmisiones del SFS con respecto a las transmisiones del SRS (analógicas o digitales) para satisfacer este criterio.

Las posibilidades de interferencia aparecen reflejadas en el Cuadro 6 (Doc. 10-11S/45). Este Cuadro cubre únicamente los casos cocanal y de canal adyacente. Para otras separaciones de frecuencias, y para distintos tipos de portadora posibles, deberán reflejarse en el Cuadro en el futuro los resultados de los trabajos en curso sobre las plantillas de relación de protección.

En el Cuadro 6, se supone que la inscripción del Plan del SRS se diseñó para señales de TV-MF analógicas o señales de TV digitales (columnas 2 y 3). La columna 1 indica la utilización del SFS en la cual va a incorporarse el canal.

En el caso de interferencia cocanal, debe satisfacerse el requisito de que la transmisión del SFS no cause más interferencia que una transmisión del SRS si la potencia interferente del SFS es inferior o igual a la potencia del SRS.

En el caso de interferencia de canal adyacente, en el § 3.1 se considera la utilización de una señal digital en vez de una señal analógica. Utilizando el mismo método para las señales digitales del SFS:

$$P_{SFS} \leq P_{SRS} - \Delta - 10 \log (b/B) + K \quad \text{dBW}$$

siendo:

B : anchura de banda de la portadora de televisión analógica

b : anchura de banda del espectro con superposición

K : factor de corrección digital/analógico (véase el § 3.1)

Δ : diferencia entre las PR cocanal y de canal adyacente (= 8 dB).

Para sistemas digitales de banda ancha con una anchura de banda necesaria de 27 MHz:

$$B = 27 \text{ MHz} \quad b = 7,82 \text{ MHz}$$

$$P_{SFS} \leq P_{SRS} - 2,6 + K \quad \text{dBW}$$

Para sistemas digitales de banda estrecha, cada una de las n portadoras en la anchura de banda con superposición permiten el mismo valor de interferencia, lo cual puede expresarse:

$$P_{SFS} \leq P_{SRS} - 8 - 10 \log n + K \quad \text{dBW}$$

En el Cuadro 6 aparece un resumen de los resultados.

CUADRO 6

Potencia interferente del SFS equivalente admisible

Utilización del SFS ⁽¹⁾		Inscripción analógica del SRS	Inscripción digital del SRS
TV-MF analógica	Cocanal	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$
	Canal adyacente	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$
Banda ancha digital	Cocanal	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$
Televisión digital	Canal adyacente	$P_{SFS} \leq P_{SRS} - 2,6 + K^{(2)}$	$P_{SFS} \leq P_{SRS}$
Banda estrecha digital ⁽³⁾	Cocanal	$P_{SFS} + 10 \log N \leq P_{SRS}$	$P_{SFS} + 10 \log N \leq P_{SRS}$
	Canal adyacente	$P_{SFS} + 10 \log n \leq P_{SRS} - 8 + K^{(2)}$	$P_{SFS} + 10 \log n \leq P_{SRS}$

⁽¹⁾ Se indican los casos cocanal y de canal adyacente. Otros valores de desplazamiento de frecuencia deben ser objeto de más estudio.

⁽²⁾ El valor de K se discute en el § 3.1 y toma un valor de 3 a 4 dB.

⁽³⁾ N : número de portadoras de banda estrecha que sustituye a la portadora de televisión del SRS.
 n : número de canales del SFS de banda estrecha en las bandas con superposición.

5.2 Interferencia causada por las transmisiones del Plan del SRS en las señales del SFS

La información de este punto está destinada a evaluar la interferencia causada por las transmisiones del SRS a las señales del SFS, teniendo en cuenta la posible aplicación de una disposición similar a la del número S5.492* del RR en las Regiones 1 y 3 y considerando igualmente los números S5.510 y S5.516*.

En la Recomendación UIT-R S.741 aparecen los criterios de protección de interferencia procedente de una sola fuente para señales típicas del SFS. A continuación se indica la interferencia procedente de transmisiones del SRS, basándose en que las portadoras de televisión analógica utilizan dispersión de energía y la interferencia causada por la televisión digital es similar al ruido.

Sin embargo, un texto de INTELSAT señala que la interferencia en los sistemas del SFS notificados que utilizan canales del SRS viene determinada por la interferencia del SRS admitida procedente de sistemas del SRS cercanos [Doc. 10-11S/45). En consecuencia, si bien los niveles de interferencia aceptable se determinan de acuerdo con las Recomendaciones UIT-R para tipos de señales específicas, no puede exigirse más protección contra la interferencia que la proporcionada a transmisiones del SRS analógicas o digitales. Por lo tanto, la responsabilidad de una explotación adecuada recae en el usuario del SFS.

* Nota de la Secretaría – Los números S5.492, S5.510 y S5.516 del RR (edición de 1998), actualmente en vigor, sustituyen a los números 846, 863 y 869 del RR (edición de 1994).

CUADRO 7

Portadora del SFS	Recomendación UIT-R	Tipo de interferencia	Criterio de protección ⁽¹⁾	Valor típico (dB)
MDF-MF MDF-C-MF	S.466	Cualquiera	800 pW0p	–
TV-MF ⁽²⁾	S.483	Similar al ruido	$C/N + 14$ (dB)	28
Digital	S.523, S.735	Similar al ruido	$C/N + 12,2$ (dB)	26,2
SCPC-MF		Similar al ruido	$C/N + 12,2$ (dB)	26,2
SCPC-MF	S.671	TV-MF de dispersión de energía	$13,5 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10)$ (dB)	12 ⁽³⁾
Banda estrecha digital: – Con codificación – Sin codificación	S.671	TV-MF de dispersión de energía	$C/N + 9,4 + 3,5 \log \delta - 6 \log (i/10)$ (dB) $C/N + 6,4 + 3 \log \delta - 8 \log (i/10)$ (dB)	16,0 ⁽³⁾ 16,9 ⁽³⁾

⁽¹⁾ C/N es el valor con cielo despejado, δ es la relación entre la anchura de banda deseada y la anchura de banda de dispersión de energía, i es el porcentaje de potencia interferente de predemodulación permitida con respecto a la potencia de ruido total.

⁽²⁾ La interferencia causada a la televisión analógica para elaborar un límite de interferencia es el tema de un proyecto de nuevo Informe (Doc. 4A/TEMP/39) que indica los resultados obtenidos en pruebas recientes llevadas a cabo por INTELSAT, SES y EUTELSAT sobre la interferencia procedente de varias transmisiones del SFS; por ejemplo, portadoras de MDF/MF, TV/MF e IDR. En este caso son de interés particular los resultados relativos a la interferencia causada por las portadoras de televisión del SRS a las portadoras de televisión del SFS, algunos de los cuales han sido descritos en los § 3.2 y 3.3. Estos trabajos han desembocado en un anteproyecto de modificación de la Recomendación UIT-R S.483 donde aparecen las plantillas de relación de protección que deben utilizarse cuando la fuente interferente es distinta de una señal TV-MF (Doc. 4A/TEMP/36).

⁽³⁾ $C/N = 12$ dB (sin codificar), 9 dB (codificada), $\delta = 50$ kHz/600 kHz, $i = 6$.

6 Posibles evoluciones de las PR existentes que deben utilizarse en el futuro en los Planes del SRS

Con respecto a la protección de las portadoras analógicas normalizadas y no normalizadas, los resultados previos obtenidos por algunos de los participantes del Grupo parecen indicar que el valor de 31 dB como PR cocanal para las Regiones 1 y 3 indicado en el apéndice S30 del RR no refleja el nivel necesario de PR cocanal. Por otro lado, el valor de 15 dB como RP de canal adyacente indicado en el apéndice S30 del RR para las Regiones 1 y 3 parece ser más próximo al nivel necesario de RP de canal adyacente.

Las PR cocanal del apéndice S30 del RR se han establecido para un valor de la relación C/N infinito y una nota de calidad de imagen de 4,8, lo cual no refleja las condiciones existentes en los enlaces de transmisión.

Por consiguiente, parece más adecuado utilizar un valor inferior para esta PR cocanal.

Sin embargo, puede que deban mantenerse los valores de PR del apéndice S30 del RR para algunas situaciones de interferencia específicas, tales como la interferencia causada por las señales de televisión analógica a las señales de TVAD analógica.

Con respecto a la protección de las portadoras digitales, a fin de evitar la interrupción del servicio debe considerarse el umbral crítico debido a la modulación y a los esquemas de codificación de canal diseñados hoy en día. Esta situación es completamente nueva puesto que la protección de las portadoras analógicas no estaba limitada por dicho umbral crítico.

Es necesario realizar más estudios para responder a estas cuestiones fundamentales antes de entrar a debatir un nuevo Plan.