

RECOMENDACIÓN UIT-R BS.412-8*

**NORMAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN SONORA
CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA EN ONDAS MÉTRICAS**

(Cuestiones UIT-R 74/10 y UIT-R 101/10)

(1956-1959-1963-1974-1978-1982-1986-1990-1994-1995-1998)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

recomienda

que se utilicen las siguientes normas de planificación para la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en la banda 8 (ondas métricas):

1 Intensidad de campo mínima utilizable

En presencia de interferencias causadas por aparatos industriales o domésticos (para los límites de radiación causada por tales equipos, véase la Recomendación UIT-R SM.433, que da las recomendaciones pertinentes del Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR), para obtener un servicio satisfactorio, la intensidad de campo mediana (medida a 10 m por encima del suelo) debe ser por lo menos igual a:

1.1 En el servicio monofónico

- 48 dB(μ V/m) en las zonas rurales;
- 60 dB(μ V/m) en las zonas urbanas;
- 70 dB(μ V/m) en las grandes ciudades.

1.2 En el servicio estereofónico

- 54 dB(μ V/m) en las zonas rurales;
- 66 dB(μ V/m) en las zonas urbanas;
- 74 dB(μ V/m) en las grandes ciudades.

NOTA 1 – En ausencia de interferencia procedente de equipos industrial y doméstico puede considerarse que una intensidad de campo (medida a 10 m por encima del nivel del suelo) de por lo menos 34 dB(μ V/m) o 48 dB(μ V/m) da un servicio monofónico o estereofónico, respectivamente aceptable. Estos valores de la intensidad de campo se aplican cuando se utiliza una antena exterior para la recepción monofónica o una antena directiva con ganancia apreciable para la recepción estereofónica (sistema del tono piloto, definido en la Recomendación UIT-R BS.450).

2 Relaciones de protección

2.1 Para obtener una recepción monofónica satisfactoria durante el 99% del tiempo en los sistemas que utilizan una excursión máxima de frecuencia de ± 75 kHz, las relaciones de protección en radiofrecuencia son las indicadas en la curva M2 de la Figura 1. En caso de interferencias estables, conviene garantizar una protección más elevada, indicada en la curva M1 de la Figura 1 (véase también el Anexo 1).

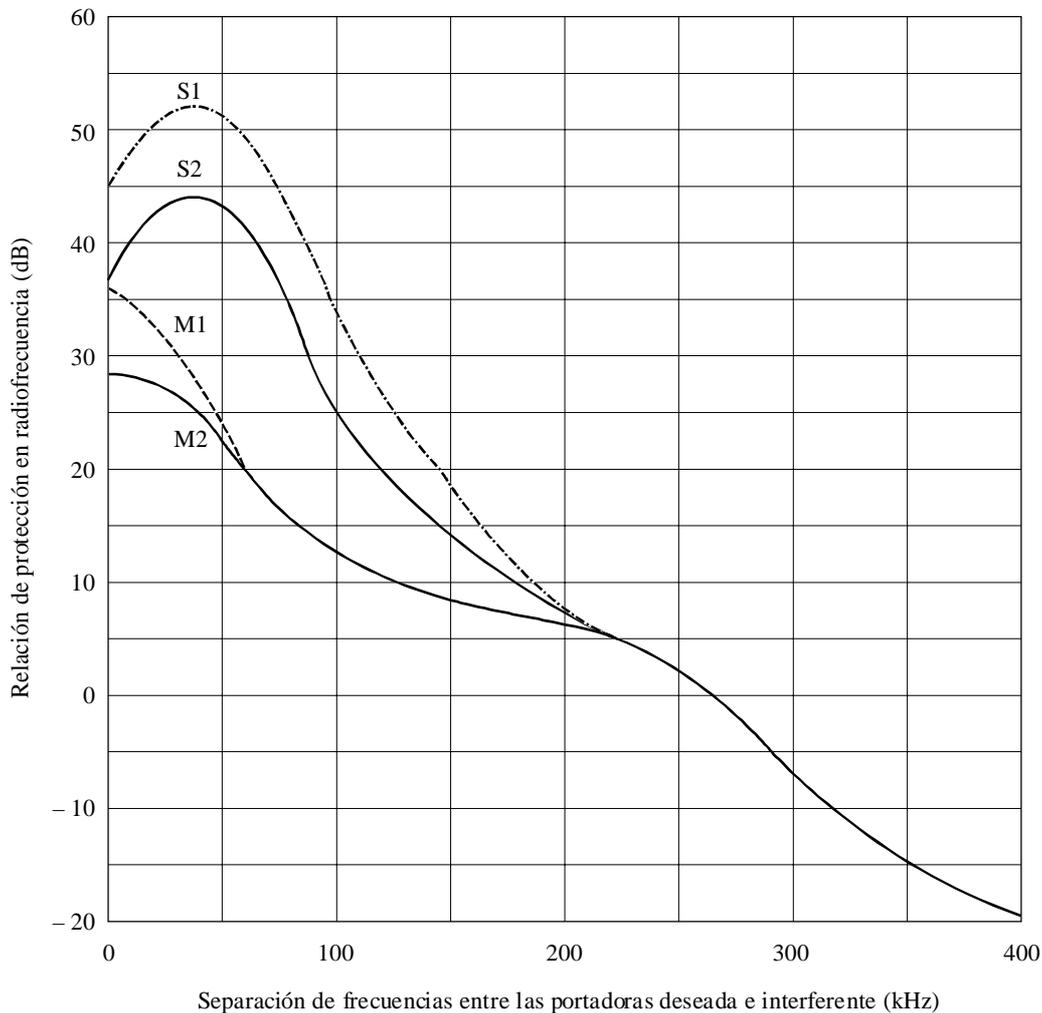
Las relaciones de protección para valores importantes de separación de frecuencias figuran también en el Cuadro 1.

Los valores correspondientes a los sistemas monofónicos que utilizan una excursión máxima de frecuencia de ± 50 kHz son los representados por las curvas M2 y M1 de la Figura 2 (véase el Anexo 1). Las relaciones de protección para valores importantes de separación de frecuencias figuran también en el Cuadro 2.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), de forma que pueda informar de su contenido a los fabricantes de receptores MF. La explotación de los servicios estereofónicos MF de acuerdo con las normas que figuran en esta Recomendación ha planteado serias dificultades. Conviene llamar especialmente la atención sobre los § 2.4 y 2.6, en los que se exponen los problemas que se plantearán si los receptores no poseen las características requeridas.

FIGURA 1

Relación de protección en radiofrecuencia requerida por los servicios de radiodifusión en la banda 8 (ondas métricas), en frecuencias comprendidas entre 87,5 MHz y 108 MHz, cuando se utiliza una excursión máxima de frecuencia de ± 75 kHz



Curvas M1: Radiodifusión monofónica; interferencia estable
 M2: Radiodifusión monofónica; interferencia troposférica (protección durante el 99% del tiempo)
 S1: Radiodifusión estereofónica; interferencia estable
 S2: Radiodifusión estereofónica; interferencia troposférica (protección durante el 99% del tiempo)

DOI

2.2 Las relaciones de protección en radiofrecuencia para obtener una recepción estereofónica satisfactoria durante el 99% del tiempo, en las transmisiones que utilizan el sistema de frecuencia piloto y una excursión máxima de frecuencia de ± 75 kHz, son las que se indican en la curva S2 de la Fig. 1 (véase el Anexo 1). En caso de interferencia estable, conviene garantizar una protección más elevada, indicada por la curva S1 de la Figura 1. Las relaciones de protección para valores importantes de la separación de frecuencias también figuran en el Cuadro 1. Los valores correspondientes a los sistemas estereofónicos que utilizan una excursión máxima de frecuencia de ± 50 kHz, son los representados por las curvas S2 y S1 de la Figura 2. Las relaciones de protección para valores importantes de separación de frecuencias figuran también en el Cuadro 2.

2.3 En las relaciones de protección en radiofrecuencia se supone que no se rebasa la excursión de cresta máxima de ± 75 kHz. Se supone además que la potencia de la señal múltiplex completa (incluyendo la señal piloto y señales adicionales) integrada en un intervalo de 60 s no es mayor que la potencia de una señal múltiplex con una señal sinusoidal única que da lugar a una desviación de cresta de ± 19 kHz (véase la Nota 4).

CUADRO 1

Separación de frecuencias (kHz)	Relación de protección en radiofrecuencia (dB) con una excursión máxima de frecuencia de ± 75 kHz			
	Monofonía		Estereofonía	
	Interferencia estable	Interferencia troposférica	Interferencia estable	Interferencia troposférica
0	36,0	28,0	45,0	37,0
25	31,0	27,0	51,0	43,0
50	24,0	22,0	51,0	43,0
75	16,0	16,0	45,0	37,0
100	12,0	12,0	33,0	25,0
125	9,5	9,5	24,5	18,0
150	8,0	8,0	18,0	14,0
175	7,0	7,0	11,0	10,0
200	6,0	6,0	7,0	7,0
225	4,5	4,5	4,5	4,5
250	2,0	2,0	2,0	2,0
275	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
300	-7,0	-7,0	-7,0	-7,0
325	-11,5	-11,5	-11,5	-11,5
350	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0
375	-17,5	-17,5	-17,5	-17,5
400	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0

Es muy importante no rebasar los límites de los niveles de la señal de modulación mencionados anteriormente, ya que de otro modo la potencia radiada de los transmisores tendría que reducirse de acuerdo con el valor del aumento de las relaciones de protección dado en el Anexo 2.

En el Anexo 4 figuran ejemplos de resultados de mediciones que muestran la desviación de cresta máxima y la potencia de la señal multiplexada completa en función del tiempo.

2.4 Los valores de la relación de protección en radiofrecuencia para una separación de frecuencias de 10,7 MHz deberían ser inferiores a -20 dB.

Para separaciones superiores a 400 kHz, el valor de la relación de protección debe ser considerablemente inferior al indicado.

2.5 En las relaciones de protección para la radiodifusión estereofónica se supone que el demodulador de modulación de frecuencia del receptor, va seguido de un filtro de paso bajo, destinado a reducir la interferencia y el ruido en frecuencias superiores a 53 kHz, en el sistema de tono piloto, y superiores a 46,25 kHz en el sistema de modulación polar. Sin este filtro u otro sistema equivalente en el receptor las curvas de las relaciones de protección para la radiodifusión estereofónica no pueden ser respetadas y por tanto pueden producirse interferencias importantes en los canales adyacentes o próximos.

2.6 En el caso de los receptores para modulación de amplitud y de frecuencia (MA-MF) es necesario tomar medidas para evitar que los circuitos de frecuencia intermedia de MA (generalmente establecidos a 450-470 kHz) empeoren las relaciones de protección cuando el receptor funciona en MF, sobre todo para separaciones entre las frecuencias de las portadoras deseada e interferente superiores a 300 kHz.

2.7 Si se introducen sistemas de datos u otros sistemas que proporcionan información suplementaria, no deben causar en los servicios monofónicos y estereofónicos más interferencia de la indicada en las curvas de relación de protección de la Figura 1. En la planificación no se considera factible facilitar protección adicional a los servicios de datos o a otros servicios que proporcionan señales de información suplementaria.

NOTA 1 – Las curvas de relación de protección de la Figura 1 se determinaron originalmente por evaluaciones subjetivas de los efectos de interferencia. Teniendo en cuenta que las pruebas subjetivas requieren bastante tiempo, se desarrolló un método de medición objetiva (véase el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BS.641) y se observó que daba resultados que coincidían satisfactoriamente con los de las pruebas subjetivas.

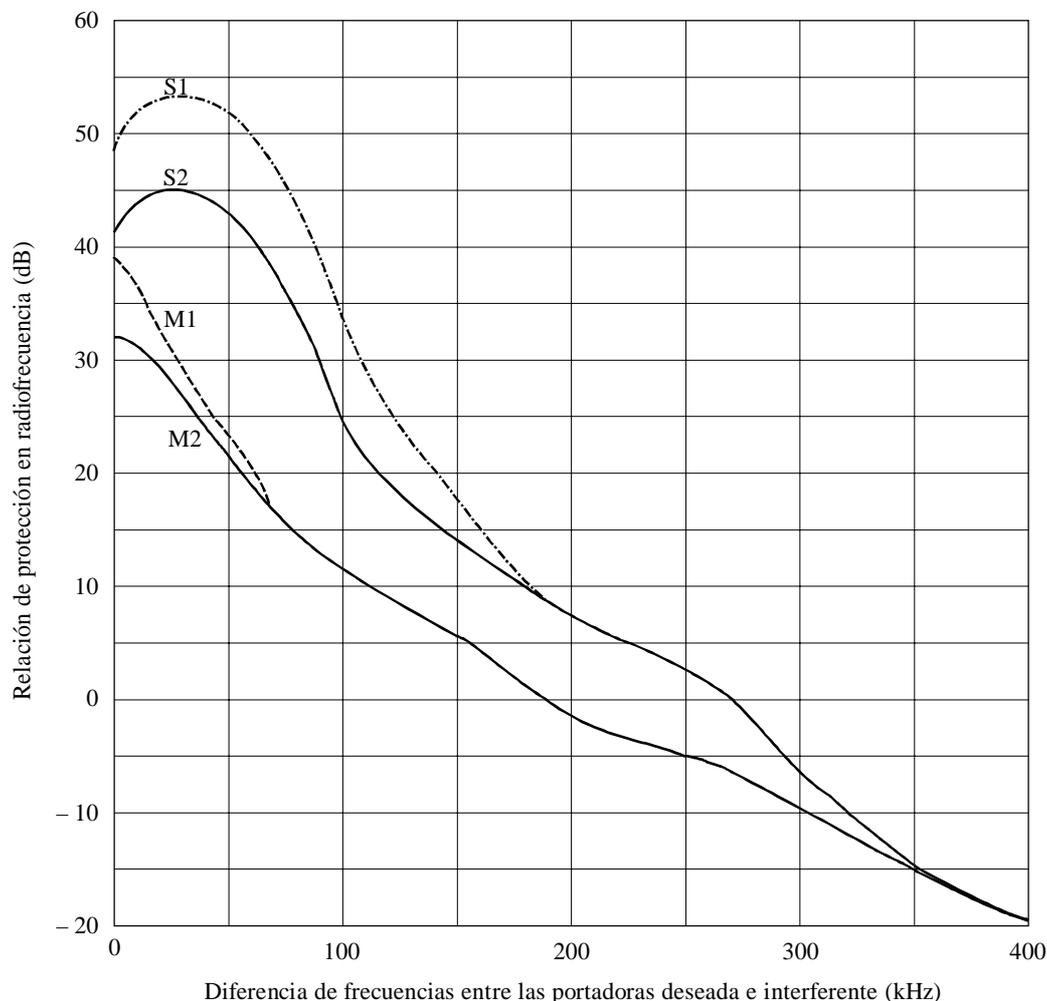
NOTA 2 – Al determinar las características requeridas del filtro, cuya respuesta de fase tiene cierta importancia para preservar la separación entre los canales en las audiofrecuencias elevadas, debe hacerse referencia al Anexo III a la Recomendación UIT-R BS.644.

NOTA 3 – Las relaciones de protección en caso de interferencia estable, proporcionan una relación señal/ruido de aproximadamente 50 dB (valor cuasi-cresta ponderado, medido de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.468, con una señal de referencia para la excursión máxima de frecuencia). Véase también el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BS.641.

NOTA 4 – La potencia de una señal sinusoidal que provoque una desviación de cresta de ± 19 kHz es igual a la potencia de la señal de modulación de ruido coloreado de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.641, es decir, una señal de ruido coloreado que da lugar a una excursión de cuasi-cresta de ± 32 kHz.

NOTA 5 – En el caso de isofrecuencia e isomodulación con señales sincronizadas las relaciones de protección para señales monofónicas son muy inferiores a las de la Figura 1. En el caso de señales estereofónicas, las relaciones de protección dependen del retardo de propagación y del contenido estereofónico (véase el Anexo 3).

FIGURA 2
Valores de la relación de protección en radiofrecuencia necesaria para los servicios de radiodifusión en la banda 8 (ondas métricas) cuando se utilizan excursiones máximas de frecuencia ± 50 kHz



- Curvas M1: Radiodifusión monofónica; interferencia estable
 M2: Radiodifusión monofónica; interferencia troposférica (protección durante el 99% del tiempo)
 S1: Radiodifusión estereofónica; interferencia estable
 S2: Radiodifusión estereofónica; interferencia troposférica (protección durante el 99% del tiempo)

Los valores de las curvas S1 y S2 se aplican por igual a los sistemas de frecuencia piloto y a los sistemas de modulación polar.

CUADRO 2

Separación de frecuencias (kHz)	Relación de protección en radiofrecuencia (dB) con una excursión máxima de frecuencia de ± 50 kHz			
	Monofonía		Estereofonía	
	Interferencia estable	Interferencia troposférica	Interferencia estable	Interferencia troposférica
0	39,0	32,0	49,0	41,0
25	32,0	28,0	53,0	45,0
50	24,0	22,0	51,0	43,0
75	15,0	15,0	45,0	37,0
100	12,0	12,0	33,0	25,0
125	7,5	7,5	25,0	18,0
150	6,0	6,0	18,0	14,0
175	2,0	2,0	12,0	11,0
200	-2,5	-2,5	7,0	7,0
225	-3,5	-3,5	5,0	5,0
250	-6,0	-6,0	2,0	2,0
275	-7,5	-7,5	0	0
300	-10,0	-10,0	-7,0	-7,0
325	-12,0	-12,0	-10,0	-10,0
350	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0
375	-17,5	-17,5	-17,5	-17,5
400	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0

3 Separación de canales

Los canales han de asignarse de manera tal que:

- las frecuencias portadoras que definen la posición nominal de los canales en RF dentro de la banda sean múltiplos enteros de 100 kHz;
- existe una separación de canales uniforme de 100 kHz tanto para las transmisiones monofónicas como para las estereofónicas.

NOTA 1 – En los casos en que resulte difícil aplicar una separación de canales de 100 kHz sería aceptable también el empleo de una separación que sea múltiplo entero de 100 kHz, siempre y cuando las frecuencias portadoras se determinen de conformidad con el § 3.1 anterior.

ANEXO 1

Para aplicar las curvas de la relación de protección de las Figs. 1 y 2 es preciso determinar si, en determinadas circunstancias, la interferencia ha de considerarse como estable o troposférica. Un criterio apropiado para ello está basado en el concepto de “intensidad de campo parcial utilizable”, que es la intensidad de campo del transmisor interferente (con la p.r.a. pertinente), ampliada con la relación de protección RF correspondiente.

Así, la intensidad de campo parcial utilizable para la interferencia estable viene dada por:

$$E_s = P + E(50,50) + A_s$$

y la intensidad de campo parcial utilizable para la interferencia troposférica, por:

$$E_t = P + E(50,T) + A_t$$

donde:

P : p.r.a. (dB(1 kW)) del transmisor interferente

A : relación de protección en radiofrecuencia (dB)

$E(50,T)$: intensidad de campo (dB(μ V/m)) del transmisor interferente, normalizada a 1 kW y excedida durante el $T\%$ del tiempo,

y donde los índices s y t indican la interferencia estable o troposférica, respectivamente.

La curva de la relación de protección para la interferencia estable es aplicable cuando el campo de molestia resultante es más fuerte que el resultante de la interferencia troposférica, esto es, $E_s \geq E_t$.

Esto significa que A_s debe utilizarse en todos los casos cuando:

$$E(50,50) + A_s \geq E(50,T) + A_t$$

ANEXO 2

Casos especiales de interferencia en radiodifusión MF**1 Interferencia causada por un transmisor sobremodulado**

En Francia se efectuaron mediciones de laboratorio para evaluar la sensibilidad a la interferencia de varios receptores en el caso en que el transmisor interferente esté sobremodulado.

La interferencia se midió de acuerdo con lo descrito en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BS.641 en estereofonía y con un nivel RF de entrada de la señal deseada en el receptor de -50 dB(mW) (0,7 mV/50 Ω).

Las anchuras de banda a -3 dB y -40 dB del filtro RF añadido a la salida del transmisor interferente fueron, respectivamente, de 500 kHz y 2 600 kHz.

Se utilizaron dos valores de sobremodulación: +3 dB y +6 dB. Se comprobó que, para señales interferentes dentro de la banda de paso del receptor, el incremento de las relaciones de protección no dependía del tipo de receptor: así, para una separación de frecuencias de 100 kHz, el incremento en la relación de protección fue de 11 y 15 dB para incrementos del índice de modulación de 3 y 6 dB, respectivamente.

Por otra parte, se encontró que, en el caso de interferencia con una separación (no normalizada) de 150 kHz, la variación de las relaciones de protección podría llegar hasta 6 dB para una variación de 1 dB del índice de modulación del transmisor interferente.

2 Interferencia en el caso de grandes diferencias de frecuencias portadoras

También se efectuaron en Francia pruebas para evaluar el efecto de la interferencia causada por transmisiones con grandes diferencias de frecuencias, y que se realizaron en condiciones similares a las que se indican en el § 1.

En este caso las mediciones se efectuaron con un emisor interferente con modulación normal y separaciones de frecuencias de hasta 1 MHz. Las mediciones demostraron que más allá de 400 kHz las relaciones de protección no dependen en absoluto de la modulación o de la ausencia de modulación del transmisor interferente.

Con un receptor de tipo profesional, las relaciones de protección disminuyen cuando se inserta un filtro RF de banda estrecha (anchura de banda de 1 200 kHz a -40 dB) a la salida del transmisor interferente. Esto demuestra que la recepción resulta perturbada únicamente por el ruido residual contenido en las bandas laterales de la portadora interferente.

Por otro lado, para los receptores de tipo doméstico utilizados, las relaciones de protección son casi constantes, a partir de 400 kHz, en torno a un valor de -40 dB, prácticamente independiente del tipo de filtrado utilizado con la portadora interferente. En este caso, es sólo la presencia de la portadora interferente lo que deteriora la recepción, siendo numerosas las posibles causas de perturbación, tales como la desensibilización de la etapa de entrada, la excitación del oscilador local u otros fenómenos.

3 Interferencia cuando no se respetan las relaciones de protección

En Francia se llevaron a cabo pruebas en tres tipos de receptores (profesional, semiprofesional y comercial) cuando no se respetan las relaciones de protección.

En los tres receptores, las medidas de interferencia se realizaron en monofonía y en estereofonía, con un nivel de RF útil a la entrada del receptor igual a -50 dB(mW) ($0,7$ mV/ 50Ω) y para separaciones de frecuencia positivas. Se respetaron las condiciones de medida de la Recomendación UIT-R BS.641 excepto en lo que se refiere a las relaciones señal útil/interferente en AF que se tomaron igual a 50 dB (valor de la Recomendación UIT-R BS.641), 40 dB y 30 dB.

En la República Federal de Alemania se efectuaron mediciones similares de 31 receptores domésticos de distintas categorías de precios (inferior, media y superior), aunque con relaciones señal de audiofrecuencia/interferencia de 47, 50, 53, 56 y 59 dB.

Se observó que para una separación de frecuencia de hasta 50 kHz (inclusive) en monofonía y 100 kHz en estereofonía, un aumento en el nivel de la señal interferente (dB) conduce a una reducción igual de la relación señal/ruido en audiofrecuencia a la salida del receptor.

Por otra parte, para una separación de frecuencia más amplia que estos valores pero inferiores a 250 kHz aproximadamente, un incremento muy débil de la interferencia RF puede provocar un deterioro considerable de la calidad de recepción, resultando además este fenómeno mucho más pronunciado en monofonía que en estereofonía. Para estos casos de separación, es necesario prever, en el momento de la planificación, un margen sustancial para tener en cuenta fenómenos aleatorios de propagación, trayectos múltiples, obstáculos, etc. Sobre la base de los resultados obtenidos, un margen de alrededor de 10 dB no parecería excesivo. Habida cuenta del número reducido y de los tipos de receptores sometidos a prueba, deberán efectuarse estudios adicionales.

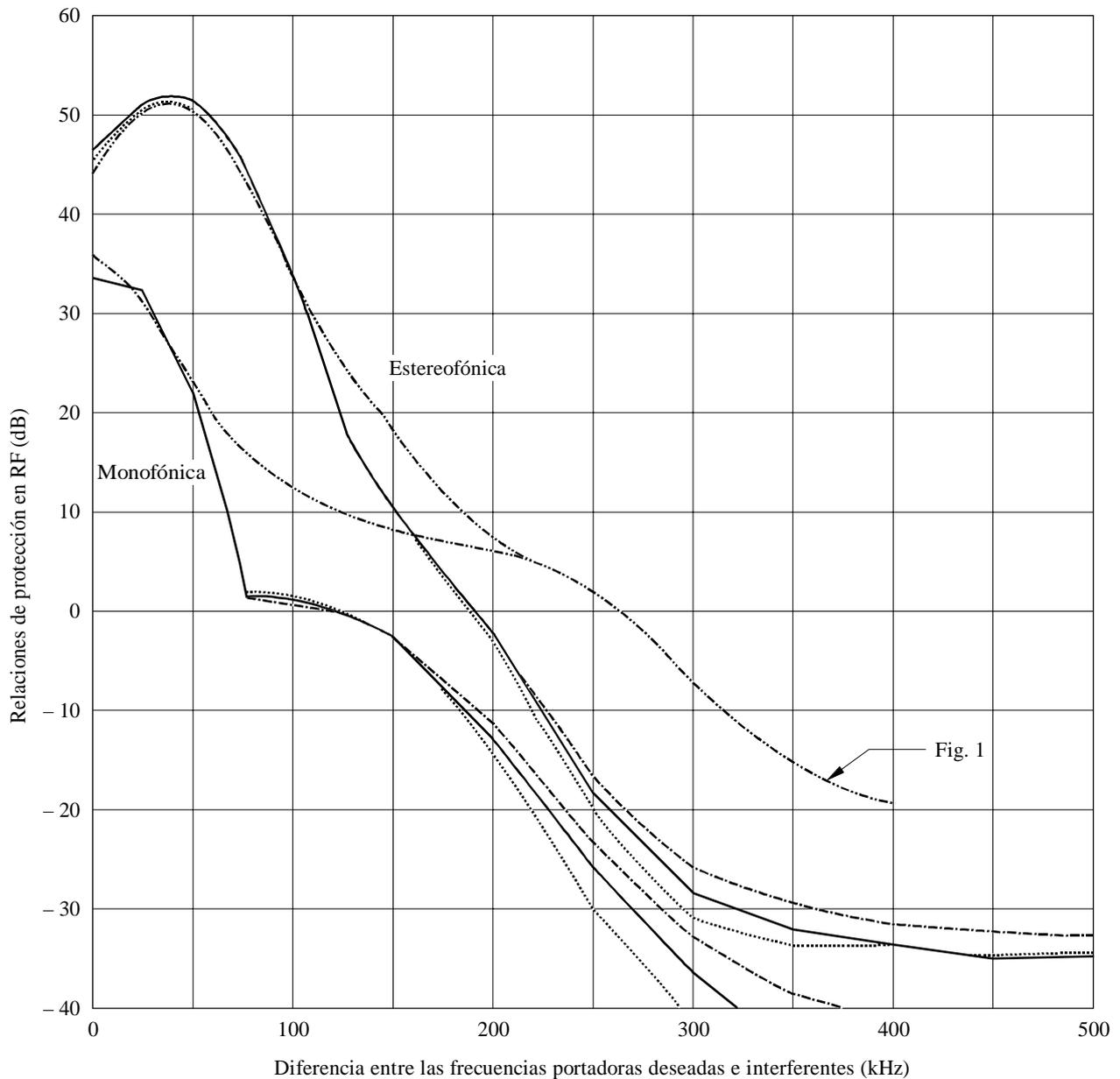
4 Relaciones de protección en RF para diferentes niveles de la señal deseada

En la República Federal de Alemania se efectuaron mediciones para evaluar la influencia del nivel de la señal deseada en la relación de protección en RF. Las relaciones de protección en radiofrecuencia de 31 receptores domésticos y 16 receptores de automóvil de diferentes categorías de precio se midieron con niveles distintos de la señal deseada.

Las mediciones se efectuaron de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.641. Se aplicaron niveles de entrada (potencia disponible de entrada) de la señal deseada de 30 dB(pW), 40 dB(pW) y 50 dB(pW), respectivamente.

En las Figs. 3 y 4 se representan las curvas de valor medio de las relaciones de protección en RF medidas. En cada figura, se muestran curvas para recepción estereofónica y monofónica. También se muestran a título comparativo las curvas de la relación de protección en RF correspondientes a una interferencia estable según la Recomendación UIT-R BS.412. En la Figura 3 se representan curvas para receptores domésticos y en la Figura 4 curvas para receptores de automóvil.

FIGURA 3
Relaciones de protección en radiofrecuencia para diversas potencias de entrada
Receptores domésticos

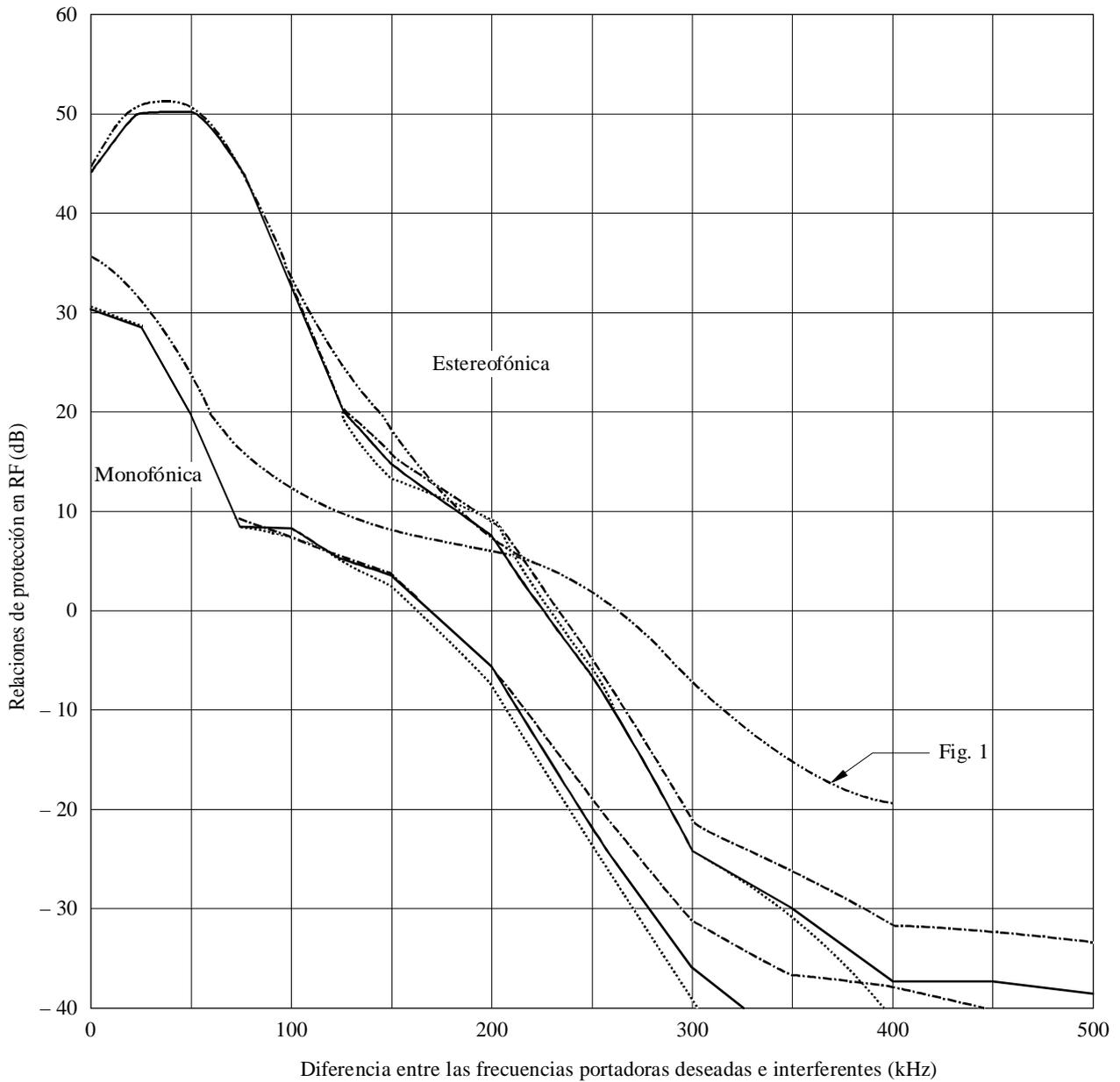


Curvas	Potencia de entrada (dB(pW))	Número de receptores
-----	50	31 estéreo/31 mono
—————	40	31 estéreo/31 mono
.....	30	26 estéreo/31 mono

D03

En las Figs. 3 y 4 se puede ver que la influencia del nivel de la señal deseada sobre las relaciones de protección en RF medidas no es tan grande como se esperaba, al menos si se consideran solamente los valores medios y no receptores aislados. El aumento de la relación de protección en RF medida es ≤ 5 dB en recepción estereofónica con receptores domésticos, si el nivel de la señal deseada aumenta de 40 dB(pW) a 50 dB(pW). En los receptores de automóvil este aumento es ligeramente superior a 5 dB. Para recepción monofónica el aumento de las relaciones de protección en RF para separaciones de portadoras por encima de 300 kHz es algo mayor de 5 dB (hasta 9 dB). En ese caso, no obstante, los niveles de señal deseada/interferente son considerablemente inferiores a las relaciones de protección en radiofrecuencia.

FIGURA 4
 Relaciones de protección en radiofrecuencia para distintas potencias de entrada
 Receptores de automóvil



Curvas	Potencia de entrada (dB(pW))	Número de receptores
-----	50	10 estéreo/16 mono
—————	40	10 estéreo/16 mono
.....	30	8 estéreo/16 mono

D04

5 Interferencia ocasionada por intermodulación de señales de RF intensas

En la República Federal de Alemania se efectuó una investigación sobre receptores de radiodifusión MF domésticos e instalados en automóviles acerca de su tendencia a la intermodulación en presencia de señales intensas. La recepción en presencia de las señales intensas se mide mediante tres señales de RF y expresada como relación de protección.

Se midieron 31 receptores domésticos y 16 receptores de automóvil de distintos precios. Se situaron dos señales interferentes en niveles iguales por encima o por debajo de la frecuencia de la señal deseada a diferencias idénticas entre las frecuencias, esto es:

$$\Delta f = f_w - f_{i2} = f_{i2} - f_{i1}$$

o

$$\Delta f = f_{i2} - f_w = f_{i1} - f_{i2}$$

La señal interferente, f_{i2} , no estaba modulada y la señal interferente, f_{i1} , fue modulada con ruido coloreado con arreglo a la Recomendación UIT-R BS.641. Las relaciones de protección en RF se midieron de conformidad con la Recomendación UIT-R BS.641, salvo que se aplicaron las dos señales interferentes antes descritas. Los valores medios de las llamadas relaciones de protección contra señales intensas para la recepción estereofónica y monofónica con receptores domésticos y receptores de automóvil se presentan en las Figs. 5 a 8. Se obtuvo una desviación típica para los receptores medidos de 5 a 7 dB aproximadamente.

FIGURA 5
Relaciones de protección contra señales intensas en receptores domésticos para distintos niveles de la señal deseada – Estereofonía

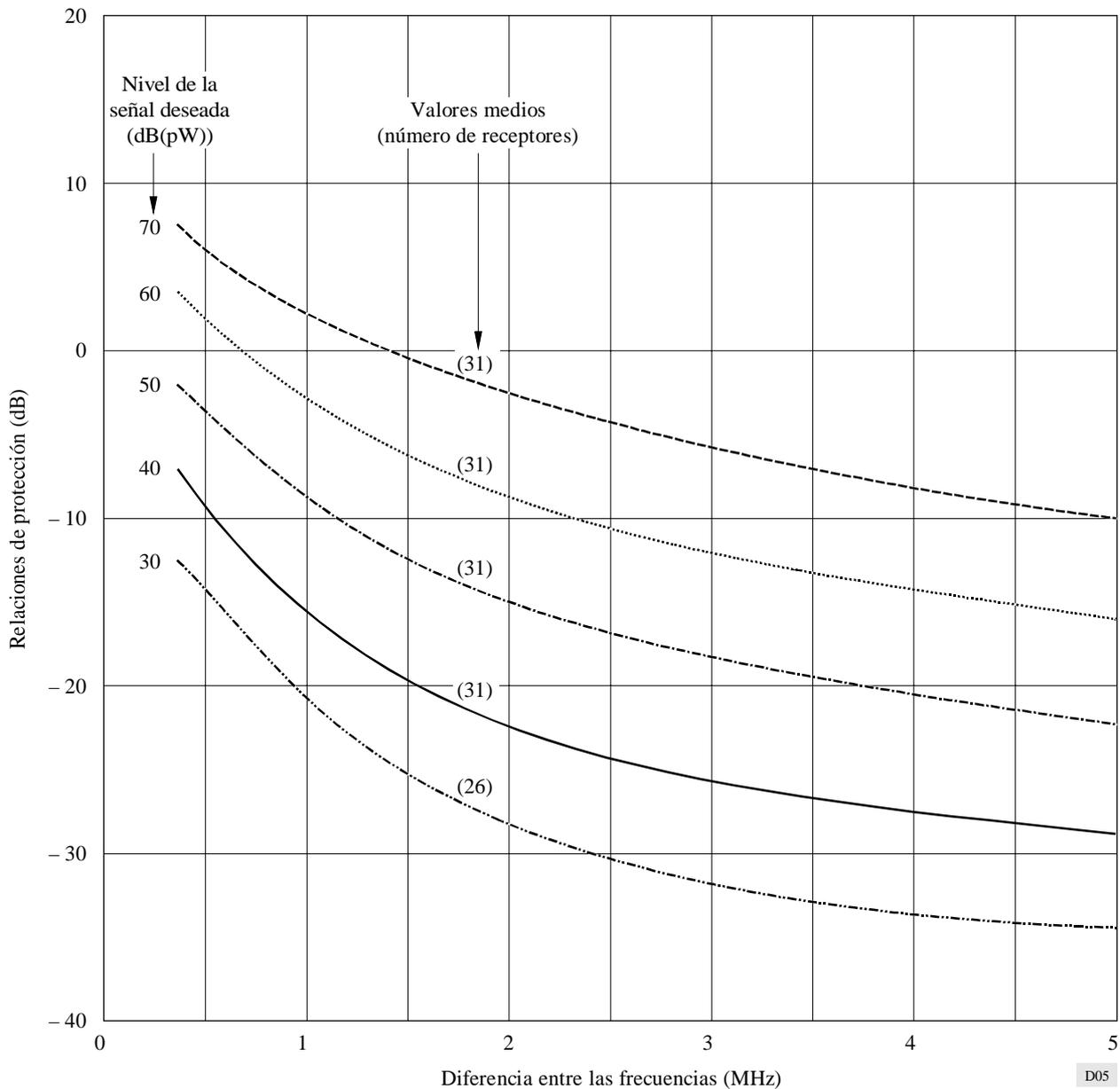


FIGURA 6
**Relaciones de protección de señal intensa en receptores domésticos
 para distintos niveles de la señal deseada – Monofonía**

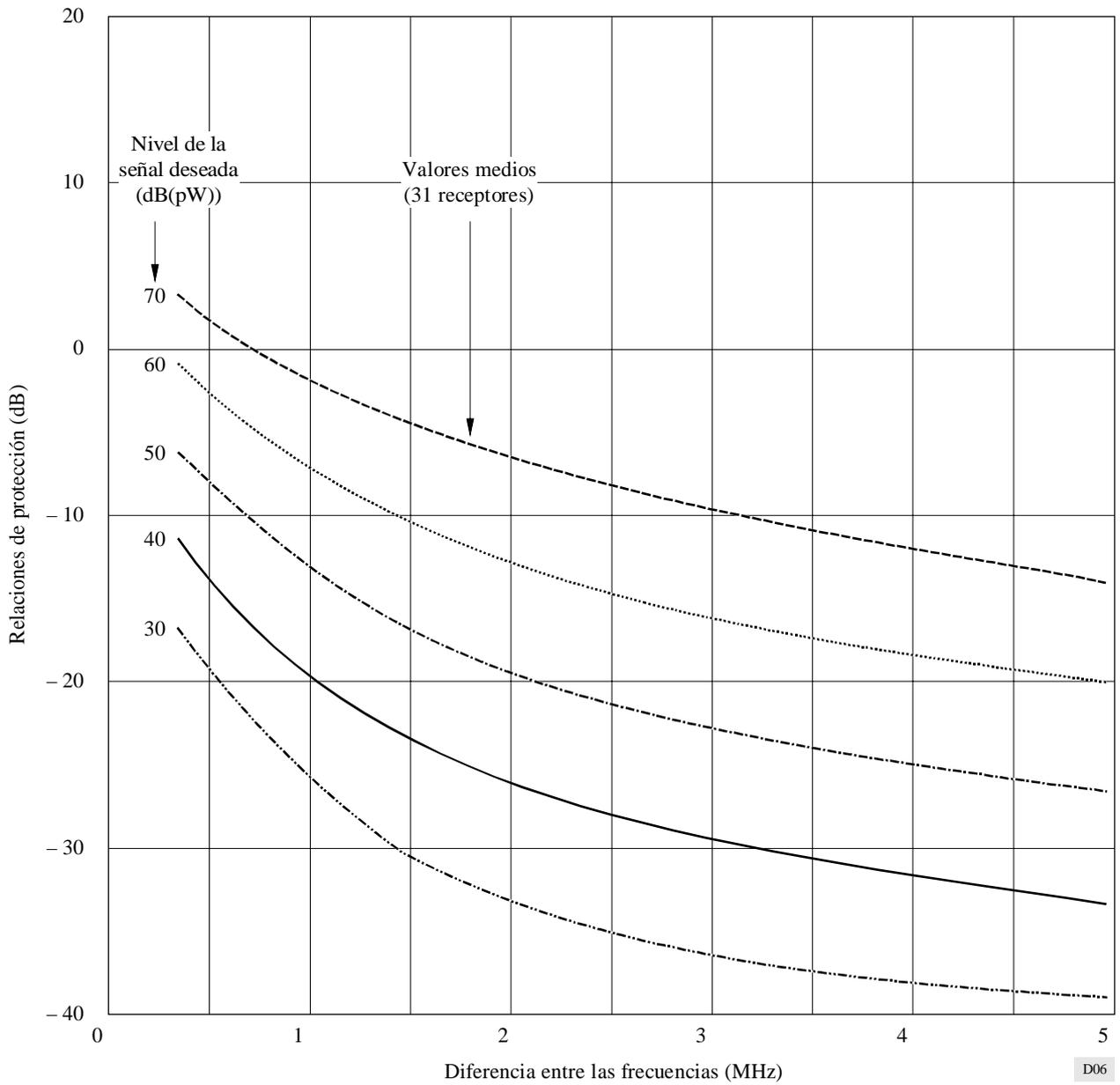


FIGURA 7
**Relaciones de protección contra señales intensas en receptores de automóviles
 para distintos niveles de la señal deseada – Estereofonía**

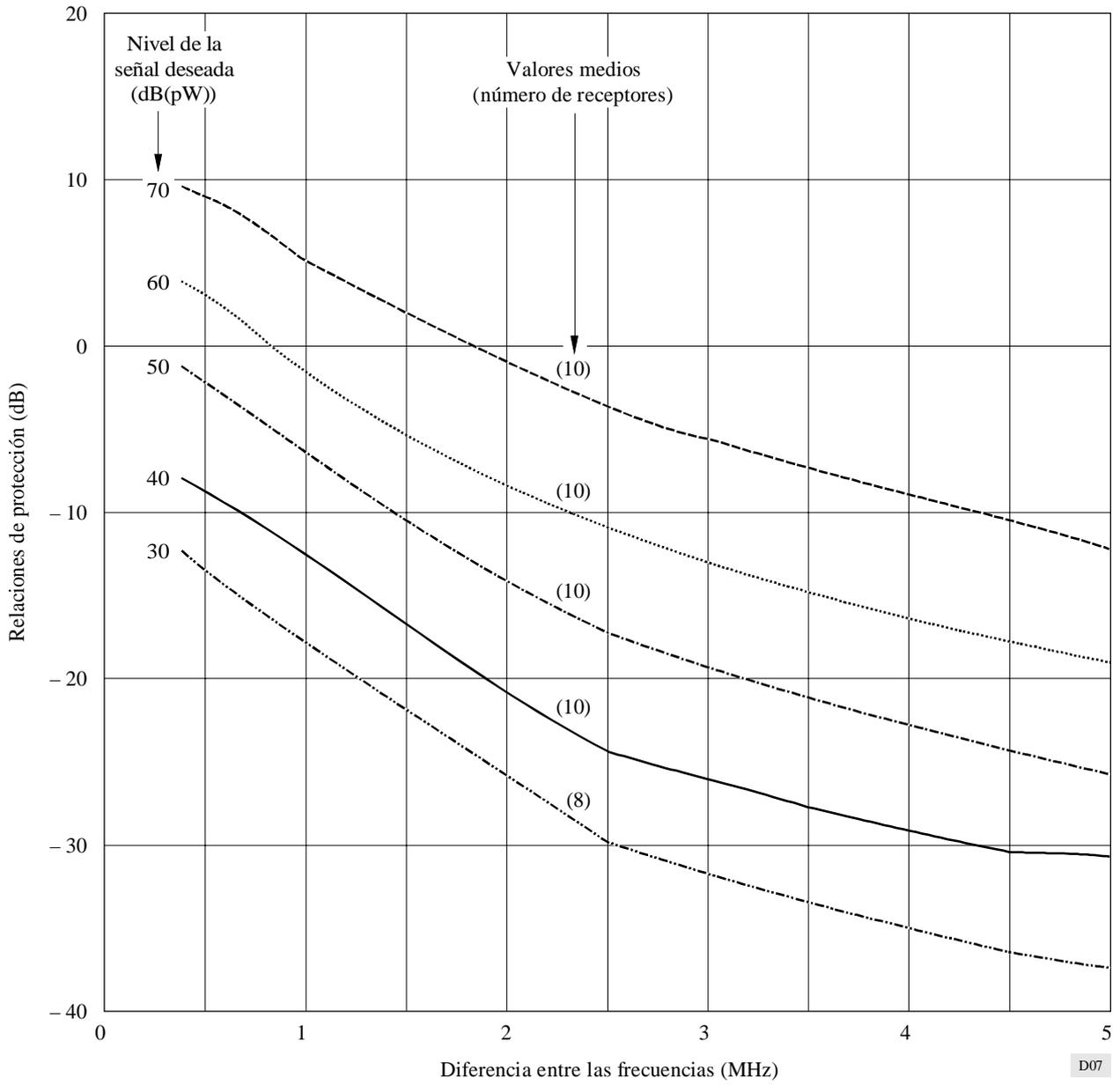
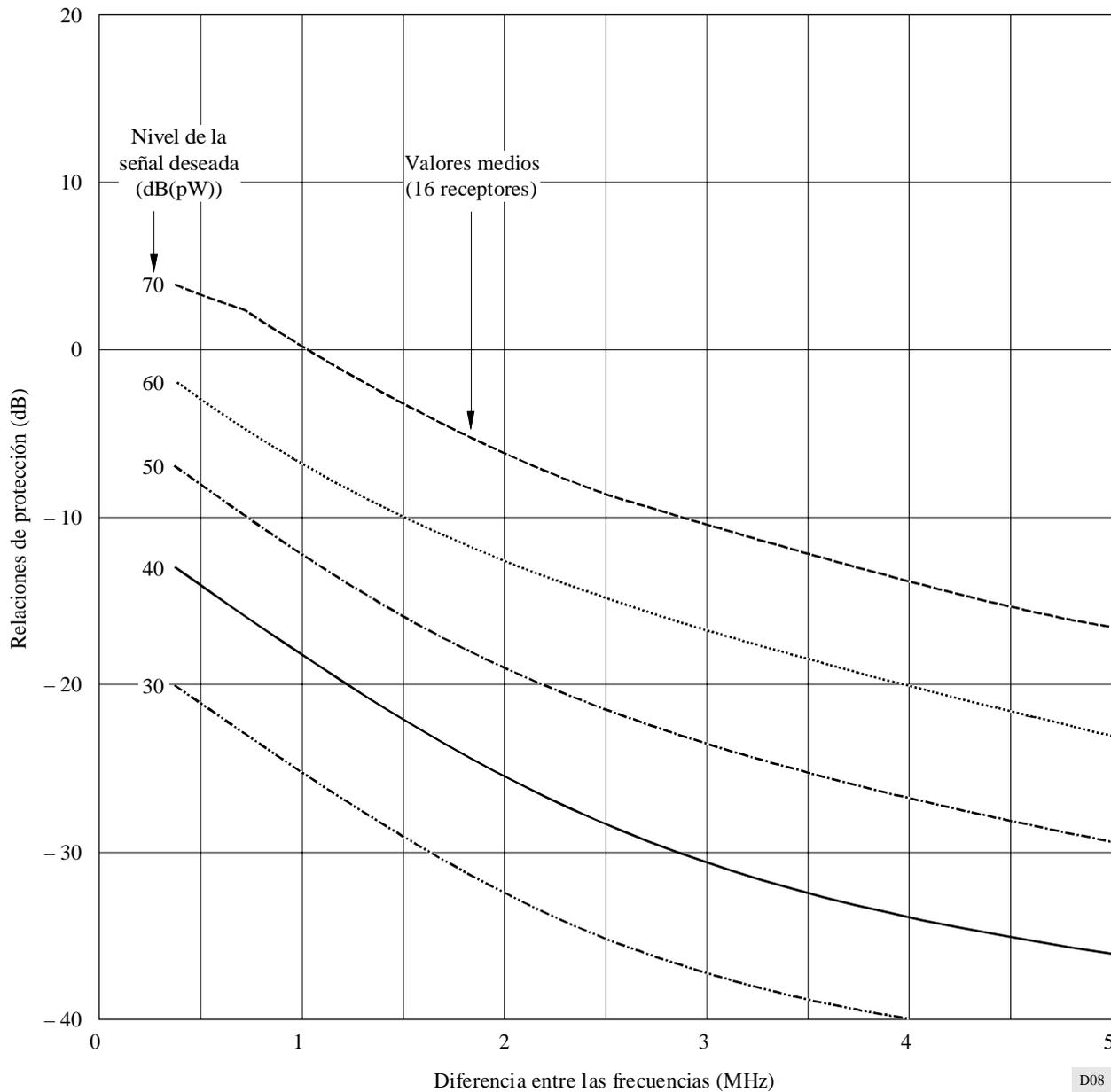


FIGURA 8
Relaciones de protección contra señales intensas en receptores de automóviles para distintos niveles de la señal deseada – Monofonía



ANEXO 3

Relaciones de protección para la radiodifusión sonora MF de un mismo programa con señales sincronizadas

1 Introducción

En el caso de funcionamiento en la misma frecuencia, si el transmisor interferente difunde el mismo programa que el transmisor útil, puede ocurrir que los valores de la relación de protección aplicables sean inferiores a los que estipula la Figura 1 para el caso general. Si, además, las señales útil e interferente son idénticas en cuanto al programa, a la frecuencia y a la altura de modulación, salvo una ligera diferencia de nivel y un retardo temporal, la señal interferencia se asemeja a un eco de la señal útil lo que reduce más la degradación.

La calidad de recepción se ve también influida por la fase existente entre las señales deseada e interferente.

En Francia y en Italia se han evaluado las relaciones de protección teniendo en cuenta este caso particular, en el cual la sincronización del transmisor interferente con respecto al transmisor útil permite asegurar la identidad de las fases instantáneas de las dos señales.

2 Condiciones de las medidas

2.1 Montaje

El montaje realizado para los ensayos pretendía permitir la simulación de la recepción de la señal resultante de la combinación de los campos creados por los transmisores sincronizados. Los parámetros que hay que tener en cuenta son los siguientes:

- la diferencia de nivel entre las señales recibidas desde los dos transmisores;
- el retardo entre la señal deseada y la interferente;
- el funcionamiento monofónico y estereofónico de los transmisores (no se considera el caso de la existencia de una subportadora RDS);
- el desfase entre las señales recibidas.

Las mediciones efectuadas en Francia y en Italia estaban inspiradas, en principio, en una misma idea. Se introdujo en dos canales distintos una señal RF modulada en frecuencia por una fuente de frecuencia audio de alta calidad (disco compacto) uno de los canales estaba equipado de modo que permitiese variar la atenuación y el retardo de la señal, de manera graduada, antes de componer de nuevo las dos señales.

Para las pruebas se utilizaron receptores estereofónicos MF, de calidad profesional en el caso francés, y de alta calidad comercial en el caso italiano.

2.2 Evaluación

Como en este caso las interferencias aparecían a la vez que el ruido y la distorsión, se eligió un procedimiento subjetivo de evaluación; para ello se adoptó el sistema de puntuación de cinco notas del UIT-R.

2.2.1 Para las mediciones efectuadas en Francia, las pruebas preliminares pusieron de manifiesto que la palabra reviste un carácter más sensible que la música, a efectos de las pruebas. Por consiguiente, se utilizó como señal de prueba una “muestra oral”; la duración de cada muestra fue de 20 s, con lo que fue posible evaluar la degradación de la configuración de la fase más desfavorable.

Para permitir prácticamente la exploración de todas las configuraciones de fase se eligió un desplazamiento de las frecuencias de transmisión útil e interferente de 0,1 Hz (con un desfase de 360° en 10 s).

En las pruebas participaron cinco oyentes cuya tarea consistía en evaluar la degradación con relación a la referencia de 30 muestras que correspondían a 30 configuraciones seleccionadas resultantes de la combinación de los modos de funcionamiento (mono/estéreo), de los valores del retardo (2, 5 y 10 μ s), y de los cinco valores de la relación de niveles (elegidos en función de los restantes parámetros).

A partir de las puntuaciones obtenidas, se determinaron los valores de la relación de protección correspondientes a las Notas 3 y 4 de la escala de degradación.

2.2.2 En Italia, las mediciones se efectuaron a partir de tres tipos de material de programa distintos: solos de piano y de violín, y música moderna; el solo de piano resultó ser el tipo más sensible, mientras que la música moderna fue el más tolerante.

Se examinaron cuatro pasos de retardo: 5, 10, 20 y 40 μ s. Para cada retardo y para cada tipo de material cuatro grupos de 12 oyentes expertos cada uno determinaron la relación de protección correspondiente a la Nota 4 de la escala de degradación.

Al llevar a cabo las pruebas subjetivas, ha sido necesario ajustar cada vez el desplazador de fase RF, para lograr la condición de máxima distorsión.

Se observó también que la degradación es proporcional a la profundidad de modulación, de modo que se tuvo especial cuidado en no superar el límite de modulación adecuado.

Se efectuaron otras pruebas en Italia, en modo estereofónico, considerando distintos tipos de modulación y diferentes condiciones de retardo, pues ambos influyen fuertemente en las relaciones de protección. Se emplearon tres tipos de modulación de programa: piano estéreo, señal vocal nivel A > nivel B y bajo solista en el canal A únicamente. Se examinaron cuatro pasos de retardo: 13,2, 39,5, 197,4 y 802,6 μ s.

La elección del paso de retardo se efectuó considerando la influencia del desplazamiento de fase de la señal piloto de 19 kHz entre las señales deseada y no deseada. Se había verificado en un estudio experimental que hay una degradación superior de los valores del retardo de múltiples impares de un cuarto del periodo del tono piloto, correspondiendo a la condición cuando los tonos pilotos deseado y no deseado tienen un desplazamiento de fase de 90°.

Para cada paso de retardo se efectuaron evaluaciones del nivel de degradación en función de las relaciones de protección para un programa con señal estereofónica de piano (véase la Figura 9). A la inversa, para los tres tipos de programas, se efectuaron evaluaciones del nivel de degradación en función de las relaciones de protección (véase la Figura 10) para un valor fijo del retardo de 13,2 μ s.

FIGURA 9
 Relación de protección para estereofonía en isofrecuencia e isomodulación
 Modulación: Piano estereofónico

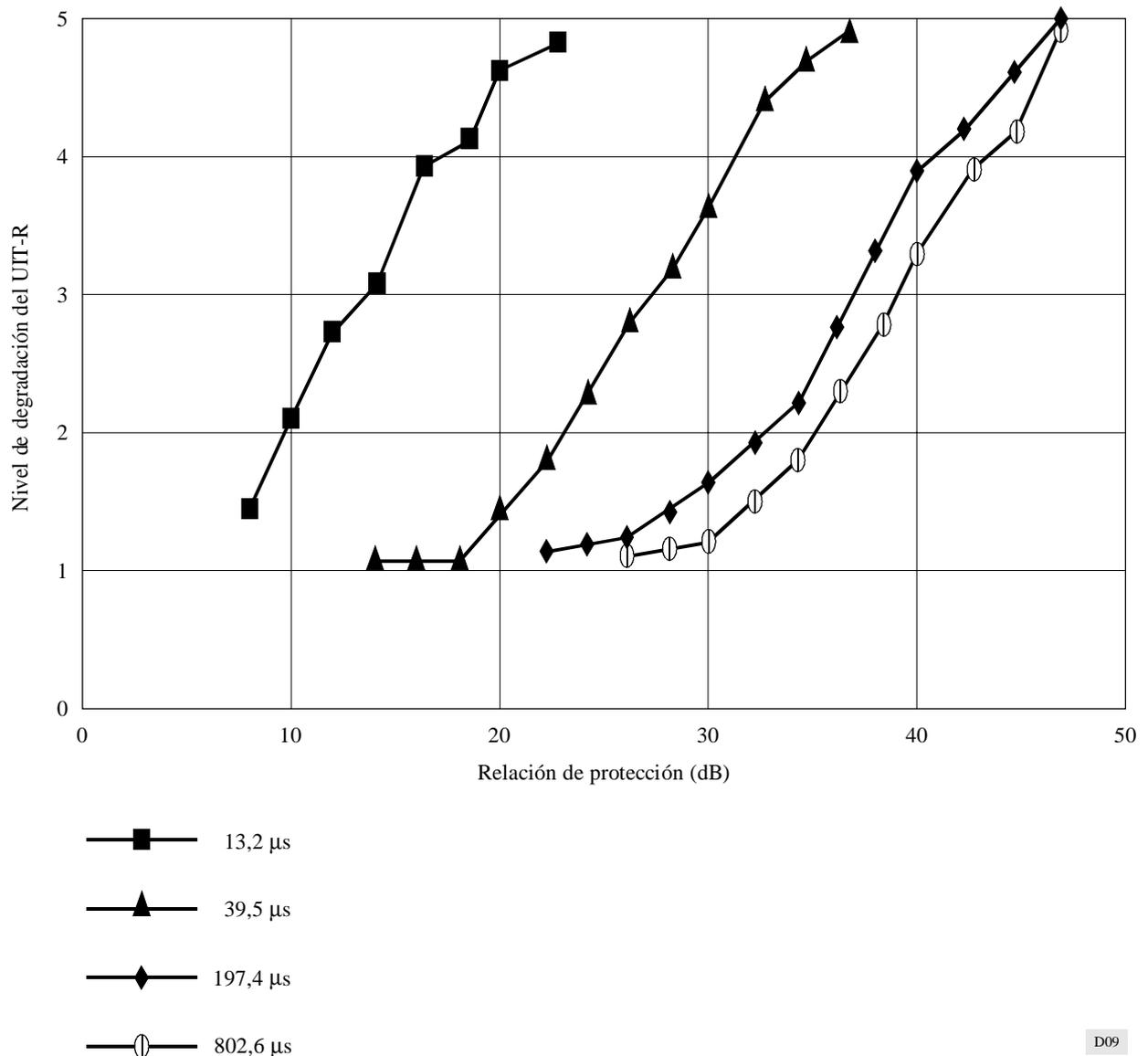
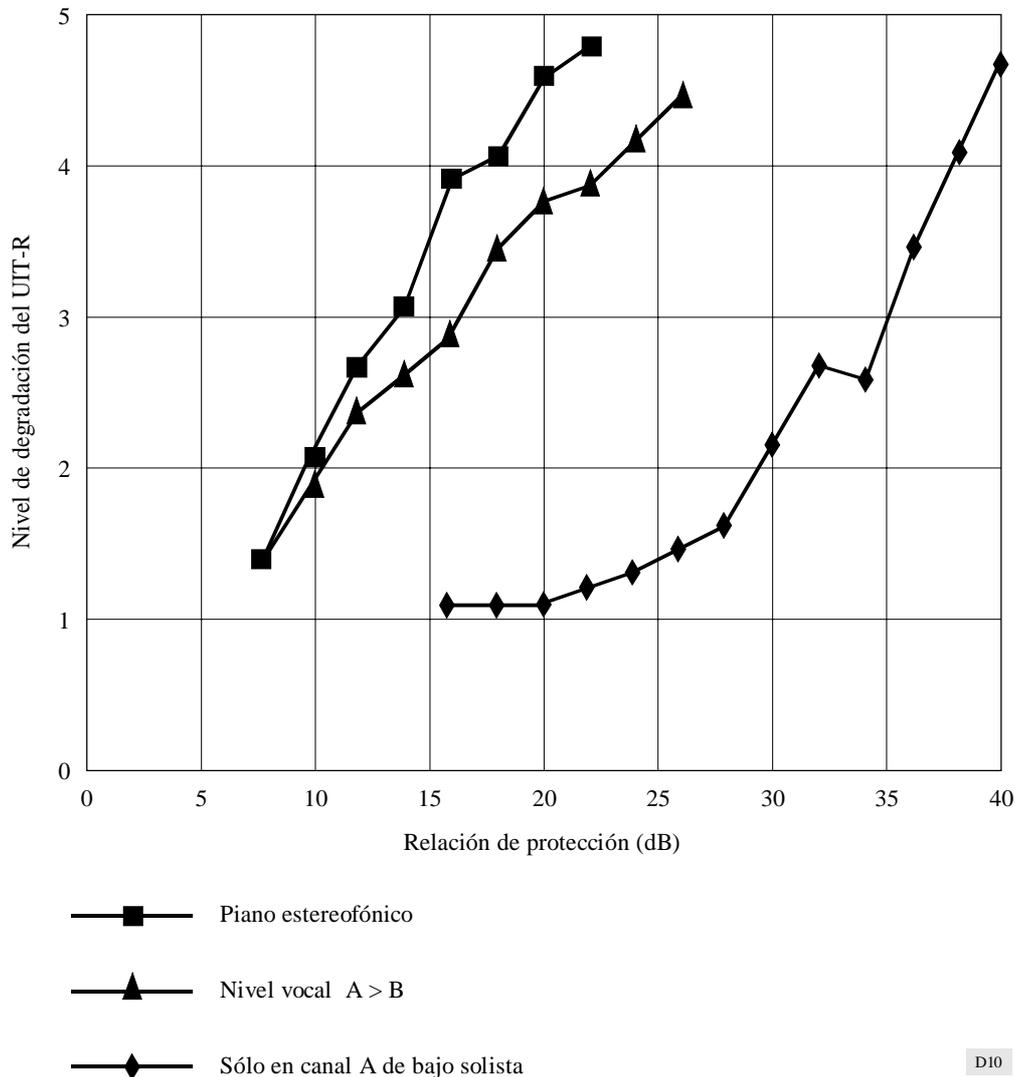


FIGURA 10
 Relación de protección para estereofonía en isofrecuencia e isomodulación
 Retardo: 13,2 μ s



Las evaluaciones objetivas se efectuaron siguiendo la Recomendación UIT-R BS.562 según el método de doble estímulo y la escala de degradación de 5 notas. La presentación de las extracciones de audio de las distintas combinaciones de isofrecuencias pregrabadas y el registro automático de los resultados se trataron en un sistema de soporte lógico complejo, procesándose en el Centro de Investigación de la RAI, en el contexto general de las evaluaciones subjetivas de la calidad de imagen. La evaluación de cada extracto corrió a cargo de 16 personas no expertas y en grupos de dos personas como mínimo cada vez.

No se consideró la diferencia de fase de las señales de modulación, pues todas las evaluaciones se efectuaron con una sola fuente, desplazada en dos canales separados.

3 Resultados y consideraciones

3.1 Comparación entre los modos monofónico y estereofónico

Las pruebas efectuadas en Francia (en los modos monofónico y estereofónico) y en Italia (en modo monofónico) han dado idénticos resultados en comparación con los tipos más sensibles de materiales empleados ("palabra" y "solo de piano", respectivamente). Los resultados obtenidos de esas dos series de pruebas figuran en forma resumida en el Cuadro 3, para ambos modos de funcionamiento (monofónico y estereofónico) y para los valores de retardo temporal considerados.

CUADRO 3

Retardo temporal (μs)	Relaciones de protección (dB)			
	Modo monofónico		Modo estereofónico	
	Nivel de degradación		Nivel de degradación	
	3	4	3	4
2	<1	1	4	6
5	1	2	10	12
10	1	3	14	16
20	No evaluado	11	No evaluado	No evaluado
40	No evaluado	20	No evaluado	No evaluado

Las cifras que figuran en el Cuadro 3 indican los valores más desfavorables obtenidos durante las pruebas.

Los resultados correspondientes al modo monofónico pueden considerarse adecuados, mientras que los del modo estereofónico son solamente indicativos, puesto que se basan en un número limitado de evaluaciones subjetivas. Puede observarse lo siguiente:

- en el caso más favorable (señal monofónica, retardo de 2 μs) la relación de protección está muy próxima a 0 dB con transmisores sincronizados;
- el retardo entre la señal útil y la interferente crea nullos que dependen de la frecuencia tanto más perjudiciales cuanto mayor es el retardo y las señales estereofónicas son las más sensibles;
- con retardos de hasta 5 μs , la relación de protección es independiente del tipo de material del programa; al aumentar el retardo, la relación de protección pasa a ser función del tipo de material del programa.

3.2 Resultados y consideraciones para el modo estereofónico

En las Figs. 9 y 10 se informa sobre los resultados de las investigaciones efectuadas en Italia para el modo estereofónico. Indican una fuerte dependencia del retardo entre las señales deseada e interferente y del contenido estereofónico. De hecho, de la Figura 9 puede observarse una diferencia de más de 10 dB comparando la curva de 13,2 μs con la curva de 39,5 μs ; en la Figura 10 puede verse una variación de unos 20 dB comparando los distintos contenidos de modulación estereofónica.

4 Aplicación

En Italia, se ha instalado un servicio de radiodifusión sincronizada monofónico MF en 103,3 MHz (1997) a lo largo de amplios tramos de las autopistas principales (más de 1 530 km en 1995), incluyendo carreteras por zonas montañosas.

El objetivo principal era la obtención de una buena recepción en el interior de los vehículos sin necesidad de volver a sintonizar a lo largo de tramo entero de la autopista, incluyendo los túneles, en la que se instalaba un cable de RF radiante. Se prevé la ampliación de dicho servicio a la mayoría de las autopistas principales italianas.

En Francia, se asigna una frecuencia única a la radiodifusión estereofónica MF a lo largo de las autopistas. Este enfoque de ahorro de frecuencias permite a las autoridades de las autopistas emitir información de tráfico dirigida a los automovilistas.

Se utilizan técnicas digitales para sincronizar los transmisores que emiten el mismo programa estereofónico y RDS. Además, el sistema tiene capacidad para emitir un programa adicional dedicado a la seguridad en zonas específicas de la red.

En Francia, y por razones de planificación de frecuencias, se limitó en 1997 la potencia radiada aparente de cada transmisor a 200 W con polarización vertical y utilizando una única frecuencia de 107,7 MHz. La interferencia de los transmisores se minimiza utilizando técnicas de retardo temporal y diversidad de antenas.

5 Conclusiones

Según los datos reunidos y los resultados obtenidos, es posible planificar una red monofónica sincronizada para aplicaciones especiales con relaciones de protección de 2 dB solamente, a condición de que el retardo relativo entre las señales de modulación se mantenga en 5 μ s en toda la zona a la que se ha de prestar servicio, y que la desviación máxima no supere ± 75 kHz.

Así pues, en el caso de la interferencia cocanal, las evaluaciones de la relación de protección efectuadas para transmisores deseado e interferente sincronizados con emisión en el mismo programa, dan valores muy inferiores a los indicados en la Figura 1.

En el caso del modo estereofónico, hay una influencia mucho más intensa del contenido estereofónico y del valor del retardo. Sobre la base de investigaciones complementarias efectuadas en Italia, puede suponerse que:

- el valor mínimo de referencia de las relaciones de protección para la señal de audio en isofrecuencia e isomodulación no debe ser inferior a 16 dB con una degradación de 4, suponiendo que la igualación del retardo está dentro de 10 μ s;
- en las zonas de recepción afectadas por retardos de propagación apreciables o para extractos musicales con un gran contenido estereofónico, la relación de protección necesaria para degradaciones de calidad de nivel 4 aumenta hasta unos 30 a 38 dB, respectivamente para interferencia continua.

Habrà que efectuar nuevas evaluaciones para muy diversos tipos de configuración, entre ellos las señales multiplexadas de datos.

ANEXO 4

Mediciones de la desviación de cresta y de la potencia de la señal multiplexada completa de radiodifusión sonora en MF

1 Introducción

En el § 2.3 de esta Recomendación se indica que, para las relaciones de protección recomendadas en radiofrecuencia se supone una desviación máxima de ± 75 kHz y que no se excede el límite establecido de potencia de la señal multiplexada completa.

Dos países (Francia y la República Federal de Alemania) desarrollaron equipo de medición para verificar estos dos parámetros de transmisión especificados, la desviación de frecuencia y la potencia de la señal multiplexada.

En mediciones conjuntas se compararon tres dispositivos distintos y se comprobó que los resultados concordaban. Dichos dispositivos de medición funcionan ya en ambos países para verificar los parámetros de transmisión correspondientes de las estaciones de radiodifusión.

2 Resultados de las mediciones

Se presentan como ejemplos (Figs. 11 y 12) los resultados de las mediciones efectuadas en dos estaciones de radiodifusión distintas.

La Figura 11 muestra la desviación de frecuencia en función del tiempo de medición y los valores indicados corresponden al valor máximo de la desviación de frecuencia (cresta durante cada minuto).

La Figura 12 muestra la potencia de la señal multiplexada completa en función del tiempo de medición, habiendo medido dicha potencia según lo indicado en el § 2.3 de esta Recomendación, es decir, en un intervalo de tiempo flotante de 60 s que se desplazaba en pasos de 1 s.

Las cifras muestran para una de las estaciones de radiodifusión sometida a pruebas (A) que se cumplen los valores recomendados, mientras que la otra pareja de resultados (B) muestra un rebasamiento considerable de ambos valores límite. Por otra parte, se midieron también las estaciones de radiodifusión sin exceder la excursión máxima de frecuencia, si bien rebasando netamente el límite de potencia de la señal multiplexada completa, aunque no se muestran aquí los resultados.

Las mediciones de la desviación máxima se efectuaron con un tiempo de respuesta muy reducido. No se investigó la correlación entre el tiempo de respuesta y las relaciones de protección.

FIGURA 11
Desviación de frecuencia en función del tiempo de medición

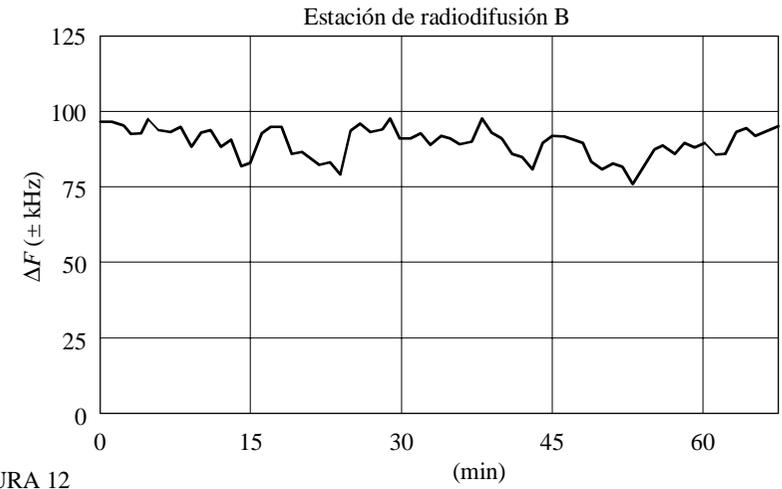
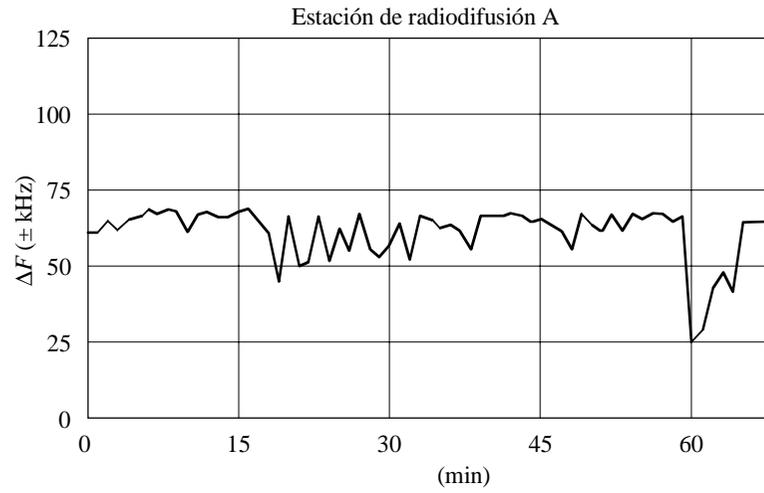
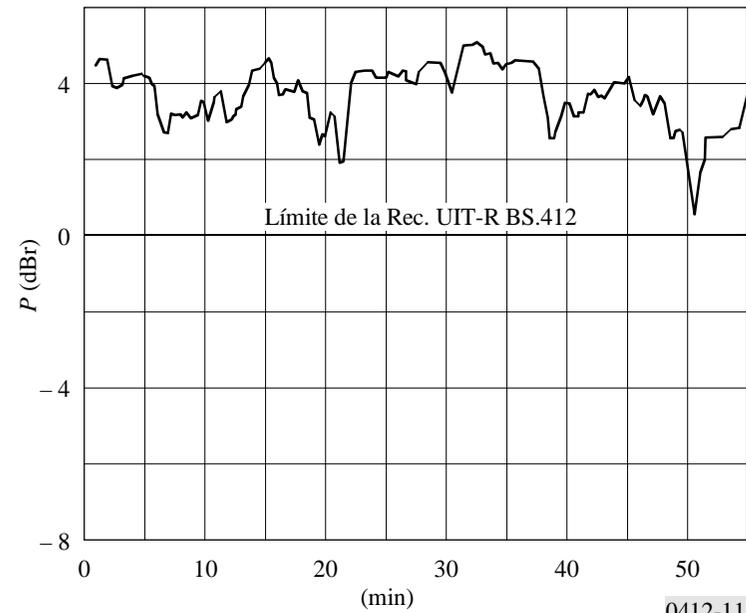
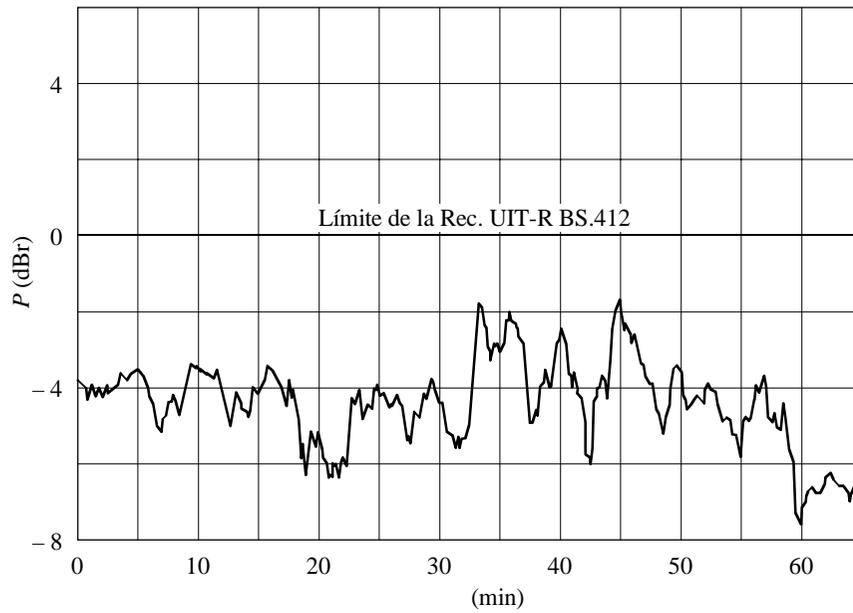


FIGURA 12

Potencia de la señal multiplexada completa en función del tiempo de medición



0412-11