

INFORME UIT-R-BT.961-2

**RADIODIFUSIÓN TERRENAL DE TELEVISIÓN EN
LAS BANDAS SUPERIORES A 2 GHZ**

(Cuestiones UIT-R 1/11 y 49/11)

(1982-1986-1994)

1 Introducción

Están funcionando sistemas experimentales de televisión terrenal con modulación de amplitud en la banda 10 a 12 GHz en la República Federal de Alemania [CCIR, 1974-78a], Países Bajos [CCIR, 1974-78b] y Suiza (con el sistema G) [CCIR, 1974-78c], así como en el Japón (con el sistema M) [CCIR, 1974-78d y e]. Además, desde 1979 está también en servicio en el Japón una estación que pertenece al mismo sistema de radiodifusión [CCIR, 1978-82a].

La CAMR-RS-77 estableció para las Regiones 1 y 3 un Plan de asignaciones de frecuencias y posiciones orbitales para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz compartida con el servicio de radiodifusión terrenal. La Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones, (Ginebra, 1983), estableció un Plan análogo para el servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2.

Una manera eficaz de suministrar servicios de televisión a comunidades relativamente pequeñas (por ejemplo, como una alternativa a/o ampliación de las redes de televisión por cable) es el sistema de distribución de vídeo multipunto por microondas (Microwave Multipoint Video Distribution System - MVDS) [Yard, 1992].

En Europa, la CEPT ha recomendado 40,5 - 42,5 GHz como banda de frecuencias armonizadas para el MVDS [CEPT, 1991]. En el Reino Unido, se ha formulado una especificación de funcionamiento para el equipo de transmisión MVDS de 40 GHz [Reino Unido RA, 1993], y se están llevando a cabo estudios sobre la propagación para establecer los parámetros de planificación correspondientes.

2 Características técnicas

2.1 Sistemas con modulación de amplitud

2.1.1 Características de la señal radiada

En la radiodifusión de televisión terrenal en la banda de 12 GHz se puede utilizar la modulación de amplitud o de frecuencia. Un sistema con modulación de amplitud requiere una potencia de transmisión más elevada, pero proporciona a cambio más canales de televisión.

Las señales de televisión con modulación de amplitud en la banda de 12 GHz han de ajustarse a las normas indicadas en la Recomendación UIT-R BT.470, a fin de que puedan ser recibidas por receptores de televisión convencionales equipados con un convertidor de frecuencia.

2.1.2 Relaciones de protección

La relación entre las potencias de la señal deseada y de la señal interferente a la entrada del receptor es un factor importante para la planificación de los sistemas de televisión terrenales. La relación requerida cuando se considera la interferencia entre dos señales de televisión con modulación de

amplitud y banda lateral residual (MA-BLR) viene dada en la Recomendación UIT-R BT.655. Las relaciones de protección entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia (MF) figuran en el Informe UIT-R BO.634.

Dichas relaciones son esencialmente independientes de la banda de frecuencias. Sin embargo, al aplicarlas a la planificación de un sistema terrenal en la banda de 12 GHz, es necesario tener también en cuenta los efectos del desvanecimiento de las señales y la estabilidad en frecuencia de los transmisores. En relación con esto último, según un experimento realizado en Japón, no resulta práctico aplicar en el sistema MA-BLR en la banda de 12 GHz técnicas de desplazamiento de precisión [CCIR, 1978-82b].

2.1.3 Características de los equipos

2.1.3.1 Transmisor

Las especificaciones de los transmisores MA-BLR para un servicio de televisión terrenal en la banda de 12 GHz pueden ser virtualmente las mismas que en las Bandas III, IV y V.

Para simplificar los transmisores, se podría amplificar la portadora de imagen junto con la portadora de sonido asociada, a pesar de que ello podría causar intermodulación. En Japón, la relación potencia de sonido/potencia de imagen se ha modificado de 1/4 en las Bandas III, IV y V, a 1/10 en la banda de 12 GHz, para reducir el batido de 920 kHz entre la portadora de sonido y la subportadora de color.

2.1.3.2 Equipo receptor

En los experimentos comunicados hasta ahora, los convertidores de frecuencia utilizados en los puntos de recepción sólo han de convertir la frecuencia de la banda de 12 GHz, en una frecuencia de las Bandas IV y V. El convertidor va montado directamente detrás de una antena de reflector parabólico, que provoca una pérdida de alimentación despreciable. La experiencia adquirida lleva a la conclusión de que es posible obtener sin costos excesivos un factor de ruido de 7 a 10 dB en el convertidor y que, habida cuenta de la potencia de transmisión, del factor de ruido del convertidor, de los medios de montaje, de la anchura del haz y de la influencia del viento, sería razonable utilizar una antena con un diámetro de 40 cm.

A la hora de establecer las normas aplicables a la radiodifusión de televisión terrenal en la banda de 12 GHz, se tomó como base en Japón, un convertidor de frecuencia con un factor de ruido de 10 dB, equipado con una antena de 40 cm de diámetro. En la práctica, en Japón se han utilizado convertidores con un factor de ruido de 6 a 8 dB.

2.2 Sistemas con modulación de frecuencia

En cuanto a los sistemas de televisión MF, se precisan ulteriores estudios. Sin embargo, se han efectuado en los Estados Unidos de América algunas pruebas [CCIR, 1982-86] para determinar las condiciones básicas de propagación.

2.2.1 Características de la señal radiada

La modulación de frecuencia será generalmente el método preferido de modulación analógica para los sistemas de 40 GHz, teniendo en cuenta la potencia de salida del transmisor y la anchura de banda disponible.

Las señales de televisión moduladas en frecuencia en la banda 40 GHz deberán ser compatibles con las del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) o el servicio fijo por satélite

(SFS), para que las unidades de recepción en interior actuales puedan utilizarse junto con las antenas y los convertidores reductores del sistema de 40 GHz.

2.2.2 Relación de protección

La relación de protección entre dos señales de televisión moduladas en frecuencia puede encontrarse en la Recomendación UIT-R BO.792.

2.2.3 Características del equipo

2.2.3.1 Transmisor

Los parámetros del transmisor para el servicio MVDS analógico de 40 GHz propuesto en el Reino Unido se muestran en el Cuadro 2. Los límites del espectro de la señal modulada con formatos de señal I/PAL o D2-MAC son los que aparecen en la Fig. 1.

Para el servicio MVDS con modulación de frecuencia a 40 GHz del Reino Unido, se ha propuesto que una bocina de 64° proporcione una zona de cobertura aproximadamente circular en la disponibilidad de servicio deseada (cuando se la alimenta desde el perímetro). Se considera que dichas antenas son convenientes para la planificación de frecuencia. Por otra parte, es probable que en ciertos casos se especifiquen antenas omnidireccionales. La ganancia máxima para este tipo de antena se muestra en el Cuadro 3, y los diagramas de referencia de ganancia de antena para la antena de 64° se muestran en las Figs. 2 y 3.

2.2.3.2 Receptor

Los parámetros del receptor para el servicio MVDS analógico con modulación de frecuencia a 40 GHz propuesto en el Reino Unido se muestran en el Cuadro 4. Las posiciones del oscilador local dentro del espectro MVDS se indican en la Fig. 4, y el plan de canales de 40 GHz previsto, en el Cuadro 5.

2.3 Sistemas que utilizan modulación digital

Se prevé que el MVDS resultará atractivo como medio de entrega para los servicios de televisión digital, porque ofrece ventajas relativas a la utilización eficaz del espectro con respecto a los sistemas analógicos. Sólo se dispone de escasa información sobre la aplicación específica de las técnicas digitales en las bandas 10 y 11, y es preciso realizar más estudios.

3 Densidad mínima de flujo de potencia

3.1 Sistemas con MA

En frecuencias superiores a 1 GHz suele utilizarse la densidad de flujo de potencia, medida en W/m^2 , para expresar la intensidad de la señal.

Se ha calculado la intensidad de la señal en esta banda teniendo en cuenta las consideraciones expuestas y la necesidad de disponer de un valor para la planificación de una red terrenal de radiodifusión con modulación de amplitud en la banda de 12 GHz.

El Cuadro 1 muestra los parámetros característicos para calcular la densidad mínima del flujo de potencia, derivados de los sistemas experimentales y operacionales ya mencionados.

La densidad de flujo de potencia, Φ (dB(W/m²)), en el punto de recepción, viene dada por la siguiente fórmula:

$$\Phi = F + 10 \log k T B + (S/N)_{RF} - 10 \log a \quad \text{dB(W/m}^2\text{)} \quad (1)$$

Las densidades mínimas de flujo de potencia en la antena receptora propuestas para una calidad satisfactoria de la imagen, se sitúan entre -85,5 dB(W/m²) y -70,2 dB(W/m²) en los sistemas con modulación de amplitud. Estas diferencias derivan de la diversidad de hipótesis de calidad de la imagen, del nivel de ruido del receptor y de la ganancia de la antena receptora, como se observa en el Cuadro 1.

En Japón se adoptó un valor de -70 dB(W/m²) para el sistema operacional con MA.

FIGURA 1

Límites de la densidad de potencia espectral para el sistema MVDS a 40 GHz

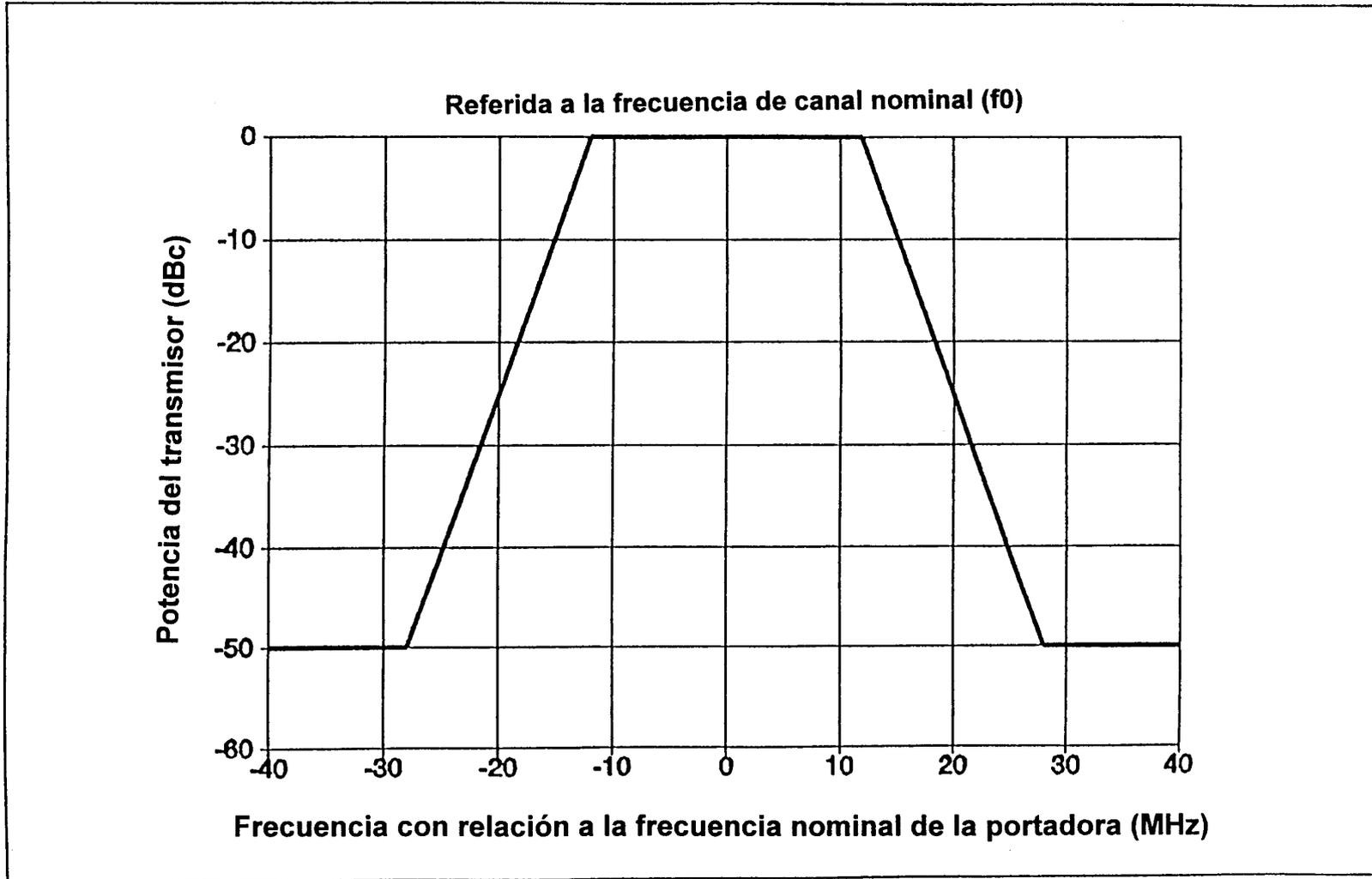


FIGURA 2

Diagrama de referencia de ganancia de antena - Antena de 64°
para el sistema MVDS a 40 GHz

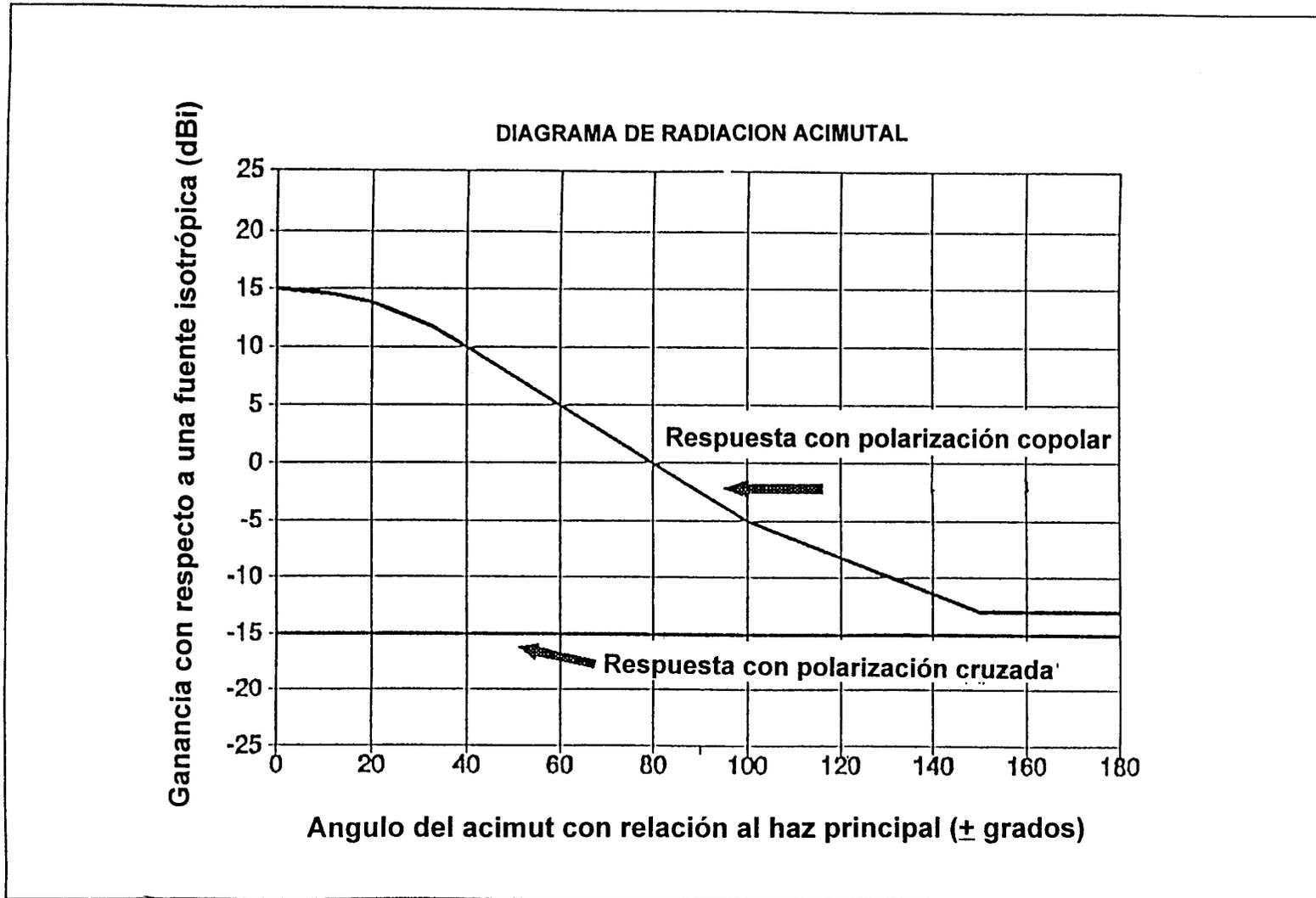


FIGURA 3

Diagrama de referencia de ganancia de antena - Antena de 64°
para el sistema MVDS a 40 GHz

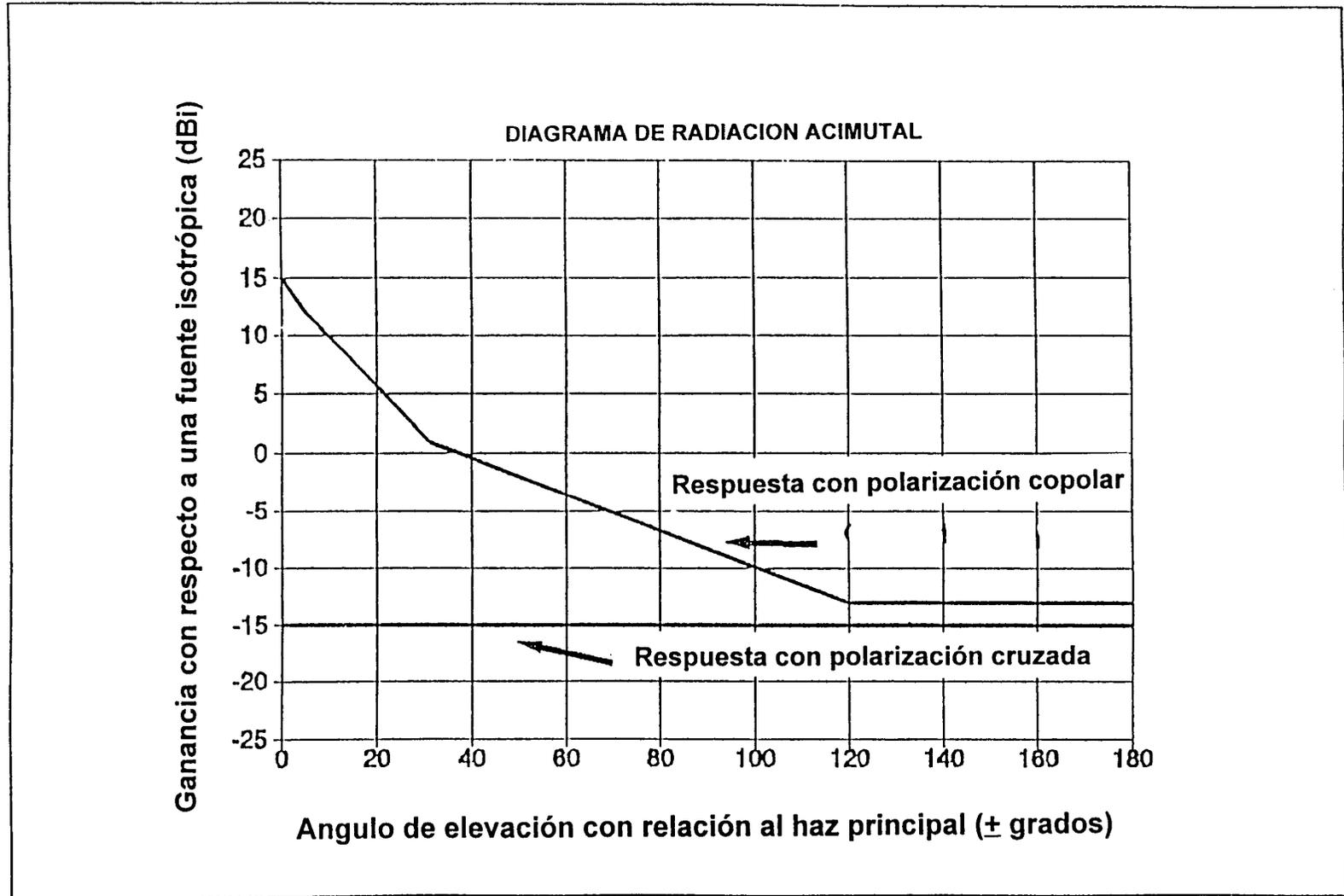
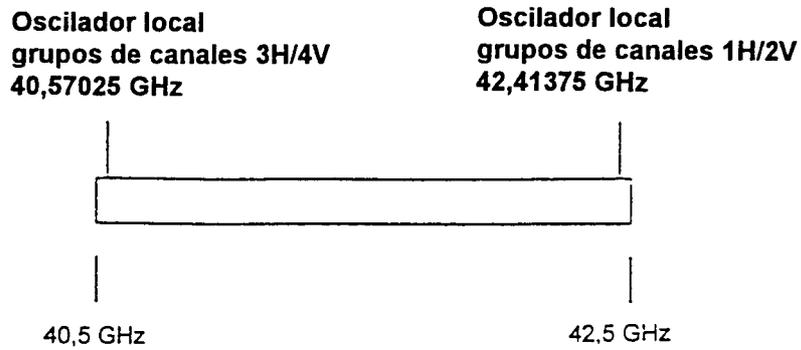
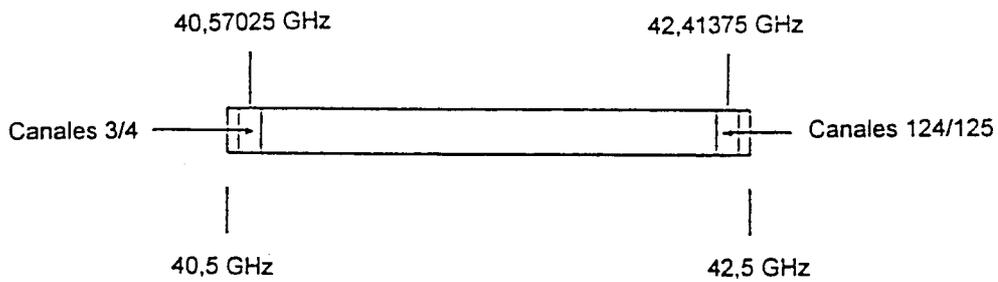


FIGURA 4

Posición del oscilador local dentro del espectro para el sistema MVDS
con MF en 40 GHz



Posición de las frecuencias del oscilador local en el espectro MVDS



Posición de las frecuencias del oscilador local dentro de los canales MVDS

CUADRO 1

Parámetros característicos de los sistemas de 12 GHz experimentales y operacionales

Sistema de televisión		G (Alemania (República Federal de))	G (Suiza)	M ⁽¹⁾ (Japón)	G/MF (Suiza)
Factor de ruido del convertidor de frecuencia (dB)	F	10	9	10	9
Señal/ruido en radiofrecuencia a la entrada del receptor de televisión (dB)	$(S/N)_{RF}$	43 ⁽²⁾	40 ⁽³⁾	42	19 ⁽⁴⁾
Diámetro del reflector parabólico (m)	D	0,6	0,6	0,4	0,6
Rendimiento de la antena (%)	η	50	-	50	-
Pérdidas diversas en recepción (alineación defectuosa, etc.) (dB)	L	-	-	2	-
Ganancia de la antena (dB con relación a una antena isotropa)	G	34,5	34	31	34
Superficie efectiva de la antena $10 \log a$ (a en m^2)	A	-8,5	-	-14	-
$10 \log kTB$ (dBW)	-	-137 ⁽⁵⁾	-	-136,2 ⁽⁶⁾	-
Densidad mínima de flujo de potencia (dB(W/m ²))	P	-75,5	-80	-70,2	-101

- (1) Sistema operacional.
(2) $(S/N)_{RF}$ en el límite de la zona de servicio, utilizando una antena con un diagrama vertical en cosecante que produzca la misma intensidad de campo en toda la zona de servicio.
(3) Corresponde a la nota 4,5 de la Recomendación UIT-R BT.500.
(4) $(S/N)_{RF}$ a la entrada del receptor: índice de modulación $m = 1$.
(5) Anchura de banda de ruido $B = 7$ MHz.
(6) Anchura de banda de ruido $B = 6$ MHz.

CUADRO 2

Parámetros del transmisor para el sistema MVDS con MF a 40 GHz

Banda de frecuencia de operación	40,5 GHz a 42,5 GHz
Frecuencia de transmisión (sin modulación)	Véase el plan de canales del Cuadro 5
Potencia de salida del transmisor por canal	≤ 200 mW (≤ -7 dBW)
Estabilidad de la frecuencia de transmisión (sin modulación)	$\pm 0,5$ MHz con relación a la frecuencia central nominal
Emisiones no esenciales fuera de la banda 42,5- 43,5 GHz	30 MHz a 21,2 GHz < -90 dBW 21,2 GHz a 80 GHz < -60 dBW 80 GHz a 90 GHz < -50 dBW
Emisiones no esenciales dentro de la banda 42,5-43,5 GHz	< -80 dBW
Densidad de potencia espectral referida a la frecuencia de portadora nominal	Véase la Fig. 1
Modo de modulación	Modulación de frecuencia
Sistema de televisión	Sistema I/PAL o D2-MAC del CCIR
Separación nominal de canales	29,5 MHz

CUADRO 3

Ganancia de antena para el sistema MVDS con MF a 40 GHz

Tipo de antena	Ganancia máxima (dBi)
64 grados	15
Omnidireccional	8

3.2 Sistemas con MF

El sistema MVDS con MF a 40 GHz propuesto por el Reino Unido ha adoptado como criterio de calidad $C/N = 12$ dB para el 1% del mes más desfavorable, que da una imagen satisfactoria (nota 4 del UIT-R). Por consiguiente, la ecuación (1) se convierte en:

$$\Phi = F + kTB + (C/N) - 10 \log a \quad \text{dB(W/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Suponiendo las características de recepción proporcionadas en el Cuadro 4, la densidad mínima de flujo de potencia propuesta para la antena de recepción es $-85,2$ dB(W/m²).

CUADRO 4

Parámetros del receptor para el sistema MVDS con MF a 40 GHz

a) Unidad de exterior

Gama de frecuencias	40,5 GHz - 42,5 GHz
Factor de ruido (incluida la pérdida por inserción de filtro de 2 dB)	≤ 11 dB
Ganancia de la antena de recepción	32 dBi
Polarización de la antena de recepción	Horizontal/Vertical
Frecuencia del oscilador local (C 1 -64) (C 65 -128)	42,41375 GHz 40,57025 GHz
Estabilidad del oscilador local	± 5 MHz
Polarización del canal (números impares) (números pares)	Horizontal Vertical
Rechazo de la primera frecuencia de imagen	> 35 dB

b) Unidad de interior

Gama de frecuencias	0,95 - 1,95 GHz
Entrada de señal en la 1ª frecuencia intermedia para alcanzar el umbral de demodulación con MF y lograr una S/N ponderada de 48 dB	-60 dBm ($Z_m = 75 \Omega$ nominal)
Error máximo de sintonización para el canal más desfavorable seleccionado	± 0,25 MHz
Rechazo de los canales adyacentes (N+2) impares o pares	25 dB
Anchura de banda del canal	26 MHz nominal
Gama de frecuencias para la salida UHF modulada	Canales 32 - 40
Características de la banda de base de la salida vídeo:	
Anchura de banda	25 Hz - 10,5 MHz ± 2 dB hasta 8,4 MHz ± 3 dB hasta 10,5 MHz
Error de retardo de grupo	< 25 ns
Nivel de salida cresta a cresta	1 voltio nominal
Impedancia de salida	75 Ω nominal (pérdida de retorno > 20 dB)
Desacentuación	Seleccionable mediante Rec. UIT-R F.405-1 o especificación técnica 3258 MAC/paquetes de la UER
Conexión de salida de audio y vídeo de banda de base	Norma europea EN50049 PERITELEVISION

4 Polarización de la emisión

En la zona urbana de Tokio se han realizado mediciones en la banda de 12 GHz de las ondas dispersadas por zonas densamente edificadas en la zona de recepción. Sobre la base de los resultados, se ha observado que la polarización horizontal o vertical ofrece ventajas sobre la polarización circular para reducir la interferencia en otras zonas de servicio en las que se utiliza la polarización

ortogonal. Por otra parte, aunque se ha observado que la transmisión con la polarización circular tiene la ventaja de reducir la interferencia debida a la propagación por trayectos múltiples (véase el Informe UIT-R PN.562), en la práctica, se puede despreciar este tipo de interferencia por trayectos múltiples en el servicio de televisión terrenal en la banda de 12 GHz. Según mediciones efectuadas en zonas urbanas de Tokio, la calidad de la imagen, en presencia de interferencia causada por la propagación por trayectos múltiples, no es peor que la nota 4 (escala de calidad de 5 notas, Recomendación UIT-R BT.500) cuando la intensidad de campo es suficientemente alta, es decir, que la calidad de la imagen afectada por el ruido no es inferior a la nota 3 o que la intensidad de campo no es inferior al valor en el espacio libre en más de 20 dB. Estos resultados pueden conseguirse con un receptor parabólico con un diámetro mínimo de 40 cm y un convertidor de frecuencia con un factor de ruido de 6 dB [Saito y otros, 1977].

En Japón se utiliza la polarización horizontal, así como la vertical; esta última en caso necesario.

5 Efectos de la interferencia

En la planificación de una red terrenal, la interferencia puede constituir un factor determinante de la densidad de flujo requerida de la señal deseada. Los métodos de cálculo de la intensidad de campo o de la pérdida de transmisión que revisten interés para la evaluación de las probabilidades de interferencia están indicados en los Informes UIT-R PN.562 y UIT-R PN.569.

6 Efectos de la propagación

En la planificación de un sistema de radiodifusión terrenal en la banda de 12 GHz, las pérdidas debidas a la difracción por edificios son de particular importancia; también debe tenerse en consideración la atenuación debida a la lluvia. Véase sobre este particular el Informe UIT-R PN.562.

En investigaciones realizadas en San Francisco con un sistema MF de 20 MHz de anchura de banda [Bentz, 1982] se observó poquísima difracción en torno a obstáculos o penetración a través de obstáculos, incluida la vegetación. Sin embargo, en muchos trayectos de transmisión obstruidos fue posible utilizar una reflexión que resultaba mejor como fuente de la señal. El haz sumamente directivo de la antena receptora, ya sea de bocina o parabólica, permitía seleccionar una sola reflexión. Por este mismo motivo, se produjo raramente interferencia debida a la propagación por trayectos múltiples. La atenuación debida a la lluvia fue considerable, como indican las mediciones a largo plazo en posiciones fijas, y habría que tenerla en cuenta en el diseño del sistema previendo una potencia de transmisión adecuada. En función de los parámetros de esta prueba concreta, se informó que la reflexión era satisfactoria en aproximadamente el 70% de la zona deseada.

7 Utilización compartida de las frecuencias con el servicio de radiodifusión por satélite

La utilización compartida entre el servicio de radiodifusión por satélite y los servicios terrenales se analiza en el Informe UIT-R BO.631. La compartición de frecuencias entre el servicio de radiodifusión por satélite y el servicio de televisión terrenal en la banda de 12 GHz es posible si los transmisores terrenales se explotan en aquellas porciones de la banda no utilizadas por el servicio de radiodifusión por satélite en las zonas en que están ubicados los transmisores.

En dicho caso, es importante, desde el punto de vista de la utilización del espectro, conocer los factores que influyen en la separación requerida entre las frecuencias de trabajo de ambos servicios. En Japón se han realizado pruebas prácticas y de laboratorio utilizando el satélite experimental de radiodifusión (BSE - Japón) y los transmisores de radiodifusión terrenal en la banda de 12 GHz. Las pruebas han mostrado que, en la recepción de un servicio de radiodifusión por satélite, la interferencia debida a señales no deseadas está determinada por la selectividad del

receptor, y no por intermodulación en el receptor, aun en la hipótesis más desfavorable. En las pruebas se utilizaron receptores con convertidores de frecuencia del tipo de mezcladores de diodos (véase el Informe UIT-R BO.473). Durante las pruebas no se han observado interferencias producidas por el satélite BSE en el servicio de radiodifusión terrenal en un canal que se solapa con la señal del satélite [CCIR 1978-82b].

CUADRO 5
Plan de canales propuesto para el sistema MVDS con MF a 40 GHz

Plan de canales para los grupos 1 y 2

Canales del grupo 1 Polarización horizontal		Canales del grupo 2 Polarización vertical	
Número del canal	Frecuencia central nominal del canal (GHz)	Número del canal	Frecuencia central nominal del canal (GHz)
1	40,53500	2	40,54975
3	40,56450	4	40,57925
canales impares	aumenta en escalones de 29,5 MHz	canales pares	aumenta en escalones de 29,5 MHz
61	41,42000	62	41,43475
63	41,44950	64	41,46425

Frecuencia del primer oscilador local para los canales de los grupos 1 y 2 = 42,41375 GHz.

Gama de los primeros canales de frecuencia intermedia para los canales del grupo 1 = 964,25 a 1 878,75 MHz (H).

Gama de los primeros canales de frecuencia intermedia para los canales del grupo 2 = 979,00 a 1 893,50 MHz (V).

Plan de canales para los grupos 3 y 4

Canales del grupo 3 Polarización horizontal		Canales del grupo 4 Polarización vertical	
Número del canal	Frecuencia central nominal del canal (GHz)	Número del canal	Frecuencia central nominal del canal (GHz)
65	41,53500	66	41,54975
67	41,56450	68	41,57925
canales impares	aumenta en escalones de 29,5 MHz	canales pares	aumenta en escalones de 29,5 MHz
125	42,42000	126	42,43475
127	42,44950	128	42,46425

Frecuencia del primer oscilador local para los canales de los grupos 3 y 4 = 40,57025 GHz.

Gama de los primeros canales de frecuencia intermedia para los canales del grupo 3 = 964,25 a 1 878,75 MHz (H).

Gama de los primeros canales de frecuencia intermedia para los canales del grupo 4 = 979,00 a 1 893,50 MHz (V).

8 Sistema operacional

En el Japón se asignaron en 1977 a los servicios terrenales de televisión, 18 canales en la gama de frecuencias comprendida entre 12,092 GHz y 12,2 GHz, para mejorar la recepción en las zonas en las que la interferencia debida a la propagación por trayectos múltiples degrada gravemente las señales en las Bandas III, IV y V. La primera estación operacional con convertidor de frecuencia comenzó a funcionar en 1979 en la zona de Tokio. La estación proporciona siete canales MA-BLR con una p.i.r.e. máxima de 6,7 W/canal. La distancia máxima de cobertura del transmisor es del orden de 1 km, y se define por una densidad de flujo de potencia requerida de -70 dB(W/m²) [Momoura y Kikuchi, 1979].

9 Referencias bibliográficas

- BENTZ, C. [1982] - Experimenting at 12 290 MHz. Broadcast Engineering Spec. Book.
- CEPT [1991] - Recommendation T/R 52-01 E (1991) - Designation of a harmonized frequency band for Multipoint Video Distribution Systems in Europe).
- MOMOURA, T. and KIKUCHI, S. [1979] - SHF terrestrial broadcasting in Japan. IEEE Trans. Broadcasting, Vol. BC-25, 4, 147-151.
- Reino Unido RA [1993] - United Kingdom Radiocommunication Agency MPT 1550 (1993): Performance Specification for Analogue Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) Transmitters and Transmit Antennas Operating in the Frequency Band 40.5 - 42.5 GHz.
- SAITO, T., ITO, S., OHMARU, K., HASEGAWA, T., ISONO, H. and TAKANO, K. [1977] - Propagation characteristics of the terrestrial television waves in the 12 GHz band in urban area. NHK Lab. Note No. 215.
- YARD, K. [1992] - Developments towards the introduction of a Multipoint Video Distribution Service (MVDS) at 40 GHz within the United Kingdom. IBC julio de 1992.
- Documentos del CCIR:*
- [1974-78]: a. 11/156 (Alemania, (República Federal de)); b. 11/172 (Países Bajos); c. 11/22 (Suiza); d. 11/34 (Japón); e. 11/308 (Japón).
- [1978-82]: a. 11/79 (Japón); b. 11/247 (Japón).
- [1982-86]: 11/320 (Estados Unidos de América).
-