

## RECOMENDACIÓN UIT-R BO.793\*,\*\*

**Distribución del ruido entre los enlaces de conexión  
del servicio de radiodifusión por satélite (SRS)  
y los enlaces descendentes\*\*\***

(Cuestión UIT-R 86/11)

(1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que el servicio de radiodifusión por satélite suele proporcionar servicios a zonas geográficas relativamente extensas, que abarcan un gran número de receptores;
- b) que al reducirse al mínimo los efectos del ruido en el enlace de conexión sobre el balance global de ruido del enlace se minimizarán el coste y la complejidad de los receptores del servicio de radiodifusión por satélite;
- c) que mediante técnicas tales como el control automático de ganancia se puede mantener la p.i.r.e. de salida del satélite en su nivel nominal durante los desvanecimientos que se producen en el enlace de conexión;
- d) que el empleo de una potencia mayor en el enlace ascendente afectaría únicamente a unas pocas estaciones de enlace de conexión;
- e) que desde el punto de vista de la disponibilidad, los desvanecimientos debidos a la lluvia que se producen en el enlace descendente sólo tienen repercusiones de carácter local en la calidad de funcionamiento, mientras que los que se producen en el enlace de conexión suelen afectar a la calidad de funcionamiento en toda la zona de servicio;
- f) que el ruido térmico empeora la degradación que sufre el enlace completo debido a la no linealidad del amplificador de alta potencia del satélite junto con una conversión MA/MP (véase el Anexo 1),

*recomienda*

que, a modo de orientación, para el diseño de sistemas con un objetivo determinado de disponibilidad de servicio, la relación entre la contribución de ruido del enlace descendente y la contribución de ruido del enlace de conexión sea del orden de 10:1 (véase el Anexo 1).

---

\* Esta Recomendación deberá señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones.

\*\* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

\*\*\* Nota – Para preparar el Anexo 1 de esta Recomendación se utilizó el Informe UIT-R BO.952-2 (§ 3.2 y 3.3).

## ANEXO 1

**Distribución del ruido entre los enlaces de conexión y los enlaces descendentes**

En la CAMR-RS-77 se adoptó para la planificación una reducción máxima de 0,5 dB de la relación «portadora/ruido» total como contribución del enlace de conexión a esta relación durante el 99% del mes más desfavorable. Ello corresponde a una diferencia entre las relaciones portadora/ruido,  $C/N$  de los enlaces descendente y de conexión de unos 10 dB.

Según un estudio efectuado por la UER, la contribución del ruido debido al enlace de conexión puede hacerse despreciable adoptando un margen relativamente pequeño en la relación  $C/N$  del enlace descendente. Este estudio consideró el caso en que existía un control automático de ganancia en el satélite y se basó en un análisis estadístico de las atenuaciones en el enlace de conexión y en el enlace descendente.

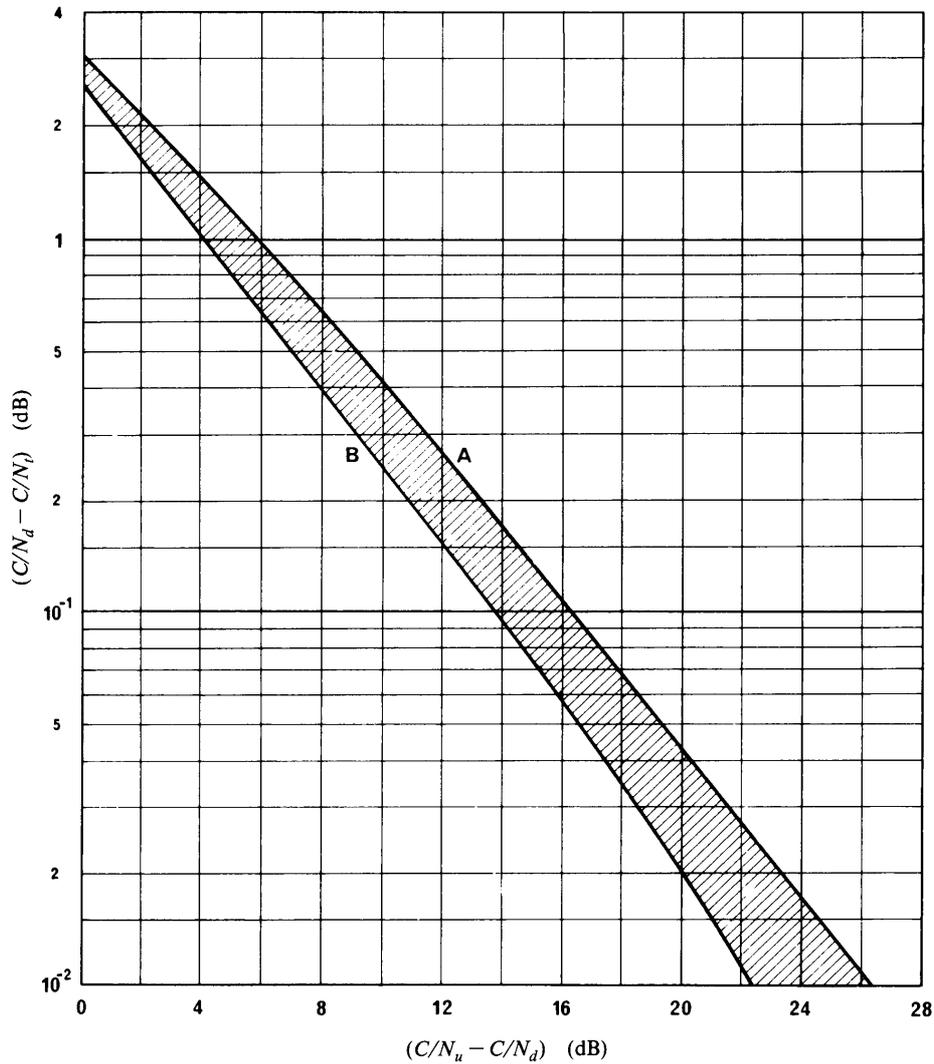
Se han efectuado aplicaciones numéricas suponiendo que las atenuaciones (dB) siguen una ley log-normal, para la cual los parámetros son coherentes con las mediciones europeas. Se ha comprobado inicialmente que los resultados obtenidos con las hipótesis de correlación total o de independencia total entre los desvanecimientos de los enlaces de conexión y descendente, son aproximadamente idénticos. Sin embargo, la influencia de un margen de 0,5 dB en el enlace descendente es decisiva. La mejora debida a este margen es mayor que la obtenida dimensionando la relación  $C/N$  en el enlace de conexión durante el 99,9% del mes más desfavorable en lugar de 99%. Por tanto, si suponemos una relación  $C/N$  en el enlace descendente de 14 dB durante el 99% del mes más desfavorable, la contribución de ruido debida al enlace de conexión en el circuito total es tal que hace que la relación  $C/N$  del enlace completo caiga por debajo de 14 dB del 50% al 10% más a menudo (dependiendo de que el dimensionado del enlace de conexión corresponda a una relación  $C/N$  de 24 dB durante el 99% o el 99,9% del mes más desfavorable). Si se tiene en cuenta el margen de 0,5 dB en el enlace descendente, el porcentaje de tiempo durante el que la relación  $C/N$  total cae por debajo de 14 dB, incluyendo la contribución de ruido debida al enlace de conexión, es todavía menor que el valor especificado del 1% del mes más desfavorable en ambos casos.

Este resultado confirma que la decisión de la CAMR-RS-77 de tener en cuenta el efecto del enlace de conexión mediante el citado margen, incluso en frecuencias del orden de 18 GHz, fue correcta.

Se realizaron estudios análogos en Canadá sobre los efectos de la atenuación debida a la lluvia y de las características de los transpondedores de satélite en la distribución de las contribuciones de ruido en los enlaces de conexión y descendentes del servicio de radiodifusión por satélite.

Algunos de los resultados pueden hallarse en la Fig. 1, en la que se han hecho los mismos supuestos que en el estudio antes mencionado. Las curvas de esa figura representan la degradación de la relación  $C/N$  del enlace descendente debida al ruido procedente del enlace de conexión ( $C/N_d - C/N_t$ ) en función de la diferencia entre la relación  $C/N$  en el enlace de conexión y la relación  $C/N$  en el enlace descendente ( $C/N_u - C/N_d$ ). Se ilustran los dos casos: aquél en que existe plena correlación y aquél en que existe independencia entre los desvanecimientos en ambos enlaces. Todos los valores de  $C/N$  se especifican para el 99% del mes más desfavorable.

FIGURA 1  
Contribución de ruido del enlace de conexión



A: Correlacionado  
B: No correlacionado

D01-sc

No es preciso especificar la distribución del ruido como elemento de planificación en la Región 2, porque la relación total portadora/ruido, es el criterio aplicable cuando se planifican al mismo tiempo los enlaces de conexión y descendentes. Sin embargo, es preciso suponer una cierta distribución del ruido a fin de determinar ciertas características del enlace de conexión, como, por ejemplo, la p.i.r.e. necesaria para satisfacer las necesidades del servicio de radiodifusión por satélite.

Como guía para la realización de todos los Planes, se ha supuesto que la contribución de ruido del enlace de conexión al ruido del enlace total no debería exceder de 0,5 dB durante el 99% del mes más desfavorable.

*Relación portadora/ruido del enlace de conexión*

Suponiendo que no hay reducción de potencia con respecto a saturación a la salida del transpondedor, una contribución de ruido de 0,5 dB del enlace de conexión al ruido del enlace total requiere que la siguiente relación:

$$(C/N)_u = (C/N)_d + 10 \quad \text{dB} \quad (1)$$

se rebase durante el 99% del mes más desfavorable. Con condiciones de cielo despejado, la relación  $(C/N)_u$  es:

$$(C/N)_u = (C/N)_d + 10 + L_{Att} \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

$(C/N)_u$ : relación portadora/ruido del enlace de conexión

$(C/N)_d$ : relación portadora/ruido del enlace descendente

$L_{Att}$ : atenuación debida a la lluvia en el enlace de conexión rebasada durante el 1% del mes más desfavorable.

Se necesita también un margen de 1 dB a fines de planificación, para tener en cuenta posibles errores de puntería de la antena transmisora de la estación terrena.

Además, el amplificador no lineal de gran potencia del transpondedor introduce, debido a su factor de conversión MA/MP, cierta degradación del ruido térmico en la señal demodulada. La degradación causada por el fenómeno MA/MP a la señal demodulada en frecuencia viene dada por la fórmula:

$$D = \frac{\alpha + I}{1 + I}$$

siendo:

$D$ : disminución de la relación señal/ruido ( $S/N$ ) después de la demodulación debida al incremento del ruido de la detección en presencia de conversión MA/MP (véase la Fig. 2)

$$I = (C/N)_u / (C/N)_d$$

$$\alpha = 1 + \left( \frac{K}{6,6} \right)^2 \quad (\text{para la modulación de frecuencia})$$

$K$ : factor de conversión MA/MP.

$K$  es del orden de 5 a 6 grados/dB, con la tecnología actual de los amplificadores. Esta fórmula da un valor  $\alpha$  entre 2,0 y 2,6 dB; este valor se ha demostrado teórica y experimentalmente.

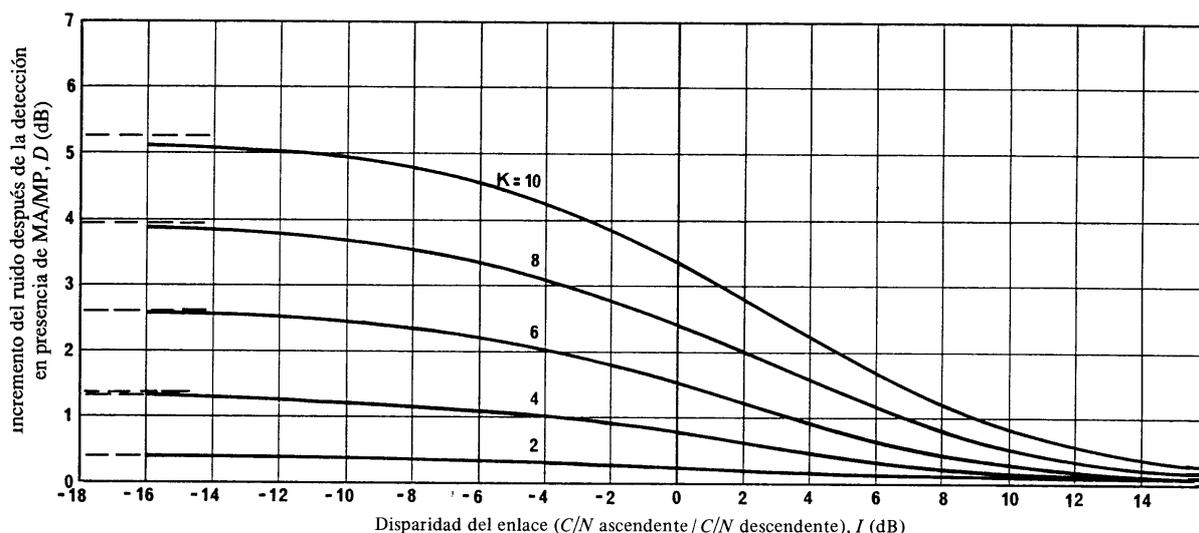
La degradación causada por la conversión MA/MP no puede observarse midiendo la relación portadora/ruido  $C/N$  directamente. Sin embargo, esta degradación puede medirse por otros medios. En cambio, debe tenerse en cuenta al calcular los balances del enlace de conexión y puede compensarse aumentando la  $(C/N)_u$  en  $10 \log \alpha$  dB. La conversión MA/MP no se tuvo en cuenta al preparar el Plan para la Región 2.

En un plan basado en características homogéneas de las estaciones del enlace de conexión, que, por tanto, generan a su vez densidades de flujo de potencia nominales homogéneas (cielo despejado) en

los satélites,  $C/N_u$  varía con la ganancia de la antena receptora del satélite. En la Región 2, la gama de interés de la ganancia de la antena receptora del satélite en el borde de la zona de cobertura de  $-3$  dB, varía de unos 28 dB, en el caso de un haz grande de enlace de conexión para un vasto país de  $3^\circ \times 8^\circ$ , a 46 dB para un haz puntual pequeño de  $0,6^\circ$  de diámetro. Con una temperatura de ruido del sistema para el satélite de 1 500 K, que puede obtenerse fácilmente para receptores de satélites en 18 GHz, y la gama de interés de  $G/T$  varía de  $-4$  dB(K $^{-1}$ ) a 14 dB(K $^{-1}$ ) en el borde de la zona de cobertura. La elección de la potencia del enlace de conexión en la antena transmisora puede situarse entre 500 y 1 000 W. El Plan de enlaces de conexión de la Región 2 está basado en una potencia RF máxima de 1 000 W a la entrada de la antena del enlace de conexión. En el Cuadro 1 se indica la gama de  $C/N_u$  a 17,5 GHz, suponiendo una eficacia de la antena del 65%, una anchura de banda del filtro de 24 MHz y una pérdida de ganancia debida a un error de puntería de 1 dB en la antena de estación terrena, para una potencia transmitida de 500 y 1 000 W. En la Región 2, el Plan se basa en un diámetro de antena de 5 m pero permite emplear antenas más grandes y/o más pequeñas.

Por ejemplo, en el caso de una relación  $(C/N)_d$  de 14,5 dB en el enlace descendente y de un posible error de puntería de 1 dB de la antena transmisora de la estación terrena, un número muy pequeño de casos del Cuadro 1 darían una contribución de ruido del enlace de conexión superior a 0,5 dB al ruido total en los canales de comunicación. Estos pocos casos figuran en bastardillas en el Cuadro 1. En las Regiones 1 y 3, el Plan se basa en diámetros de antena de 5 y 6 m para las bandas de frecuencias de 17 y 14 GHz respectivamente, y en potencias del transmisor de 500 W. Estos valores corresponden a una p.i.r.e. de 84 y 82 dBW, respectivamente, y se desea lograr una  $C/N$  de 24 dB rebasada durante el 99% del mes más desfavorable.

FIGURA 2  
Degradación de la señal demodulada debido al efecto de la conversión MA/MP



K: Factor de conversión MA/MP (grados/dB)

— — — : I → - ∞ dB

CUADRO 1

Gama de la relación portadora/ruido calculada para una antena de estación terrena con un error de puntería de 1 dB y que transmite de 500 a 1 000 W de potencia (Región 2)\*

Diámetro de la antena de la estación terrena (m)	G/T mínima de la antena receptora del satélite (borde de la zona de cobertura) (dB(K-1))	Relación portadora/ruido, $C/N_u$ (dB)					
		Cielo despejado	Con atenuación por lluvia de 5 dB		Con atenuación por lluvia de 10 dB		
			Potencia transmitida (W)				
		500	1 000	500	1 000	500	1 000
2,5	- 4	19,2	22,2	14,2	17,2	9,2	12,2
	+ 2	25,2	28,2	20,2	23,2	15,2	18,2
	+ 8	31,2	34,2	26,2	29,2	21,2	24,2
	+ 14	37,2	40,2	32,2	35,2	27,2	30,2
5	- 4	25,2	28,2	20,2	23,2	15,2	18,2
	+ 2	31,2	34,2	26,2	29,2	21,2	24,2
	+ 8	37,2	40,2	32,2	35,2	27,2	30,2
	+ 14	43,2	46,2	38,2	41,2	33,2	36,2
8	- 4	29,3	32,3	24,3	27,3	19,3	22,3
	+ 2	35,3	38,3	30,3	33,3	25,3	28,3
	+ 8	41,3	44,3	36,3	39,3	31,3	34,3
	+ 14	47,3	50,3	42,3	45,3	37,3	40,3
11	- 4	32,1	35,1	27,1	30,1	22,1	25,1
	+ 2	38,1	41,1	33,1	36,1	28,1	31,1
	+ 8	44,1	47,1	39,1	42,1	34,1	37,1
	+ 14	50,1	53,1	45,1	48,1	40,1	43,1

\* En el caso del Plan de enlaces de conexión para las Regiones 1 y 3, las cifras de este Cuadro deben reducirse en 0,5 dB con una anchura de banda de referencia de 27 MHz.