

INFORME 809 -3*

**COMPARTICIÓN INTERREGIONAL DE LA BANDA DE FRECUENCIAS
11,7 A 12,75 GHz ENTRE EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE (SRS)
Y EL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE (SFS)**

(Cuestión 1/10 y 11 y Programa de Estudios 1A/10 y 11)

(1978-1982-1986-1990)

1. Introducción

Como consecuencia de diferentes atribuciones regionales al servicio fijo por satélite y al servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz, se plantean diversas situaciones de compartición interregional entre estos servicios espaciales.

La Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones encargada de la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la banda de frecuencias 12 GHz reunida en Ginebra, Suiza, en enero de 1977, tomó las siguientes decisiones:

- adoptó un Plan detallado de asignación de frecuencias y de posiciones orbitales para el servicio de radiodifusión por satélite en la Región 1 (11,7 a 12,5 GHz) y la Región 3 (11,7 a 12,2 GHz);
- adoptó, también, una serie de disposiciones reguladoras del servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2, en espera de la elaboración de un plan detallado. Figura entre esas disposiciones la división en segmentos del arco orbital disponible y su atribución al servicio de radiodifusión por satélite y al servicio fijo por satélite, y la reunión de una Conferencia Administrativa Regional no más tarde de 1982, con el objeto de elaborar un plan detallado para los servicios de radiodifusión por satélite y fijo por satélite en la Región 2 (véase la Recomendación N.º Sat-8 de la CAMR-RS-77) (véase también la Resolución N.º 701 de la CAMR-79).

Posteriormente, la CAMR-79 atribuyó bandas de frecuencias separadas para los dos servicios espaciales en la Región 2, salvando así la necesidad de dividir el arco orbital en segmentos (véase la Resolución N.º 504 de la CAMR-79). La banda atribuida en esta Región al servicio de radiodifusión por satélite tiene un límite de 12,2 GHz, límite que será determinado en la Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones CARR SAT-83 y un límite superior de 12,7 GHz. Las diversas situaciones de compartición entre los servicios espaciales se resumen en el cuadro I, en el que se hace referencia a las notas pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones. El cuadro I no incluye las atribuciones a los servicios terrenales en la banda 11,7-12,75 GHz.

En el Informe 207 se indican las características de sistemas típicos del servicio fijo por satélite. Sin embargo, en la Región 1, la banda 12,5-12,75 GHz (véase la nota) está atribuida exclusivamente al servicio fijo por satélite, lo que puede hacer que sus parámetros difieran de los sistemas del servicio fijo por satélite en los que la compartición es necesaria.

Nota. - Las notas de pie de página 848, 849 y 850 del Reglamento de Radiocomunicaciones prevén la atribución de esta banda en compartición con otros servicios en algunos países de la Región 1.

2. Compartición de frecuencias entre los servicios de radiodifusión por satélite y fijo por satélite

El problema de la compartición entre el servicio de radiodifusión por satélite y el servicio fijo por satélite, particularmente en los enlaces espacio-Tierra, es un problema de compartición entre redes de características diferentes (heterogéneas). Se comprende bastante bien el mecanismo de los factores que tienden a mejorar la utilización del recurso espectro-órbita. La medida en que estos factores pueden realmente aprovecharse depende de la medida en que se acepten muchas limitaciones de explotación, económicas y de diseño.

* Este Informe debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 4.

La compartición entre el servicio de radiodifusión por satélite de las Regiones 1 y 3 y el servicio fijo por satélite de la Región 2, y viceversa, es un caso de compartición entre redes diferentes con características particulares:

- las zonas servidas por los dos servicios están generalmente separadas por grandes extensiones de agua con límites que discurren de Norte a Sur, lo que facilita la compartición porque la discriminación de los lóbulos laterales de la antena de la estación espacial tenderá a reducir la interferencia.

Las Regiones 1 y 3, en 1977, y la Región 2, en 1983, adoptaron Planes detallados para el servicio de radiodifusión por satélite.

CUADRO I – Situaciones de compartición entre los servicios fijo por satélite (SFS) y de radiodifusión por satélite (SRS) en la banda de 12 GHz

Banda de frecuencias (GHz)	Región 1	Región 2	Región 3
11,7 – 12,1	SRS (E-T)	SFS (E-T) SRS (nota 836) (E-T)	SRS (E-T)
12,1 – 12,2	SRS (E-T)	SFS o SRS (E-T) (nota 841)	SRS (E-T)
12,2 – 12,3	SRS (E-T)	SFS o SRS (E-T) (nota 841)	SFS (nota 845) (E-T)
12,3 – 12,5	SRS (E-T)	SRS (E-T) SFS (nota 846) (E-T)	SFS (nota 845) (E-T)
12,5 – 12,7	SFS (E-T) (T-E)	SRS (E-T) SFS (nota 846) (E-T)	SFS (E-T) SRS (nota 847) (E-T)
12,7 – 12,75	SFS (E-T) (T-E)	SFS (T-E)	SFS (E-T) SRS (nota 847) (E-T)

E-T: Espacio-Tierra

T-E: Tierra-espacio

Los criterios de compartición entre estos servicios pueden, en principio, establecerse en términos de limitación de la densidad de flujo de potencia en la zona que se ha de proteger, o en términos de una separación orbital mínima de las estaciones espaciales de los dos servicios, o en términos de una combinación de ambos. El apéndice 30 al Reglamento de Radiocomunicaciones aplica al problema la última de esas soluciones.

Considerando, por otra parte, que la separación nominal entre estaciones espaciales en la parte occidental del arco que da servicio a la Región 1 es, conforme con el Plan, de 6°, se deduce que una estación espacial del servicio fijo por satélite con las características que se especifican en el Reglamento de Radiocomunicaciones (ganancia de la antena receptora de la estación terrena en la dirección del eje de 53 dBi y ganancia de lóbulo lateral aplicando la ley:

$$\text{Ganancia (dBi)} = 32 - 25 \log \phi \quad (1)$$

donde ϕ es el ángulo a partir del eje, en grados) podría colocarse en una posición equidistante de dos satélites de radiodifusión que den servicio a la Región 1, siempre que sus características puedan tolerar una densidad de flujo interferente de unos $-161 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en el punto de prueba especificado. Esto limita el tipo de servicio que puede proporcionar el sistema fijo por satélite, y puede impedir que determinados sistemas sensibles, como los de un solo canal por portadora o los de 24 canales por portadora, utilicen estas posiciones orbitales en ciertas frecuencias. No obstante, no todas las posiciones orbitales indicadas en el Plan utilizan todas las frecuencias posibles y tal vez sea admisible incluir tales portadoras en dichas frecuencias.

Se aplican consideraciones similares a la compartición entre el servicio fijo por satélite en las Regiones 1 y 3 y el servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2.

De conformidad con la Resolución N.º 503 de la CAMR-79, el Plan adoptado en 1983 para el servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2 tuvo que tener en cuenta el Plan de los servicios de radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 en la banda de frecuencias común.

3. Separación orbital requerida entre los satélites del servicio fijo por satélite de una Región y los satélites de radiodifusión de otra Región [CCIR, 1978-82a y b]

En la banda 12,5-12,7 GHz, es posible que los satélites de radiodifusión de la Región 2 causen interferencia a las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite en las Regiones 1 y 3; de modo semejante, en la banda 11,7-12,2 GHz, los satélites de radiodifusión de las Regiones 1 y 3 podrían causar interferencia a los satélites del servicio fijo de la Región 2. Sin embargo, la posibilidad de que se produzca interferencia se reduce considerablemente en la mayoría de los casos, debido a la separación entre las zonas de cobertura y entre los satélites.

La discriminación debida al diagrama de radiación de la antena transmisora del satélite en el Plan para el SRS en las Regiones 1 y 3 (curva A de la fig. 1 del Informe 810) es ≥ 30 dB para $\varphi/\varphi_0 \geq 1,6$, esto es, una separación entre las zonas de cobertura superior a 1,6 veces la anchura del haz, vista desde el satélite. Aunque no exista esa «meseta» en la envolvente del diagrama de radiación de la antena transmisora de la Región 2, mediante un cuidadoso diseño de esa antena utilizando técnicas de haces conformados e incluyendo posiblemente nulos controlados, la discriminación real puede satisfacer o rebasar ese criterio en direcciones particulares próximas de la zona del haz principal [CCIR, 1982-86a].

Otra reducción de la interferencia potencial se debe a la discriminación de la antena receptora de la estación terrena del servicio fijo por satélite y, por tanto, de la separación angular de los satélites del servicio fijo en las Regiones 1 y 3 con respecto a los satélites de radiodifusión de la Región 2, y viceversa.

Por ejemplo, se consigue una discriminación de 35 dB con un valor de φ/φ_0 un poco menor que 10, si consideramos la situación de una pequeña antena de estación terrena del servicio fijo parecida a una antena de recepción comunal del servicio de radiodifusión por satélite, para la cual se puede utilizar el diagrama de antena dado por la curva A' de la fig. 7 del anexo 5 al apéndice 30 (ORB-85) del Reglamento de Radiocomunicaciones. Por lo tanto, suponiendo una anchura de haz de 1° (anchura mínima para la radiodifusión comunal según el anexo 5), una separación de aproximadamente 10° entre las posiciones de los satélites entrañará una discriminación de 35 dB en la *misma* zona de servicio.

Teniendo en cuenta la discriminación debida *tanto a* la zona de cobertura *como a* las separaciones entre satélites, y suponiendo una separación entre zonas de cobertura de 1,6 veces la anchura del haz (como se supuso anteriormente) para una discriminación de 30 dB, se observa que se conseguirá una discriminación adicional de 10 dB (para un total de 40 dB) utilizando la fig. 7 del anexo 5 al apéndice 30 (ORB-85) del Reglamento de Radiocomunicaciones con una relación φ/φ_0 igual a 1, lo que representa una separación entre satélites de 1° para la antena de recepción supuesta.

Si bien estos ejemplos ilustran el principio de utilizar tanto la separación entre zonas de cobertura como la separación angular entre los satélites para determinar la necesidad de coordinación entre el servicio de radiodifusión por satélite en una Región y el servicio fijo por satélite en otra Región, la necesidad real de coordinación depende de los sistemas particulares que se utilicen, pero puede determinarse rápidamente mediante el cálculo sencillo que se muestra a continuación:

No se requiere coordinación cuando:

$$D_{B\text{ SAT}} + D_{F\text{ Rx}} > p.i.r.e.B\text{ SAT} - p.i.r.e.F\text{ SAT} + PR \quad (2)$$

donde

- $D_{B\text{ SAT}}$: discriminación de la antena transmisora del satélite del servicio de radiodifusión,
- $D_{F\text{ Rx}}$: discriminación de la antena receptora de la estación terrena del servicio fijo por satélite,
- $p.i.r.e.B\text{ SAT}$: p.i.r.e. del satélite del servicio de radiodifusión,
- $p.i.r.e.F\text{ SAT}$: p.i.r.e. del satélite del servicio fijo,
- PR : relación de protección que requiere el enlace descendente del servicio fijo por satélite.

Como ejemplo, supóngase una $p.i.r.e.B\text{ SAT}$ de 60 dBW y una $p.i.r.e.F\text{ SAT}$ de 40 dBW y una antena de la estación terrena del servicio fijo por satélite de 3,6 m de diámetro ($\varphi_0 = 0,5^\circ$). Si las respectivas zonas de cobertura están separadas por lo menos por 1,6 veces la anchura del haz, se proporcionará una $D_{B\text{ SAT}} \geq 30$ dB. Para una relación de protección de 35 dB, la $D_{F\text{ Rx}}$ de 25 dB requerida se conseguirá con una φ/φ_0 de aproximadamente 4 (según la curva A' de la fig. 7 arriba mencionada), que corresponde a una separación angular entre el satélite del servicio fijo y el satélite del servicio de radiodifusión de 2° .

Es necesario continuar el estudio de situaciones específicas de interferencia.

Debe destacarse que al disminuir el diámetro de la antena del servicio fijo por satélite, $D_{F\text{ Rx}}$ disminuye linealmente, lo que empeora la situación de compartición. Sin embargo, la ganancia de la antena del servicio fijo por satélite disminuye según el cuadrado. Por lo tanto, en el caso de que se diseñen los parámetros restantes del balance del enlace para la antena más pequeña del servicio fijo por satélite, debe aumentarse también según el cuadrado la $p.i.r.e.F\text{ SAT}$, lo que tiende a mejorar la situación de compartición. Esto equivale a decir que la utilización de pequeñas antenas de recepción en el servicio fijo por satélite (y por lo tanto de p.i.r.e. mayores en los satélites del servicio fijo) reduce la falta de homogeneidad entre dichos sistemas y los sistemas del servicio de radiodifusión por satélite.

El Informe 873 trata la situación de compartición interregional general mediante varios ejemplos de sistemas del SFS. Se expresa la preocupación de que la compartición pueda producir dificultades en ciertas separaciones orbitales entre satélites del servicio de radiodifusión y satélites del servicio fijo con relación a los criterios particulares y los parámetros que se supusieron para los sistemas del SFS en el Informe 873.

El Informe 873 trata el tema de la interferencia entre el SFS y las asignaciones de los planes SRS para las tres Regiones de la UIT. Además, en la Resolución Nº 42 de la CAMR ORB-85 se incorporaba el concepto de sistemas provisionales en el Plan para la Región 2.

En dicha Resolución se prevé la existencia de sistemas provisionales que podrán ser operados por las administraciones durante un máximo de 10 años, y cuyas características difieren de las de las asignaciones concedidas a otras administraciones en la utilización de p.i.r.e. superiores, en las características de modulación, en las zonas de cobertura o combinaciones de ellas, o en el sentido de la polarización. Estas diferencias podrían incrementar las posibilidades de interferencias inaceptables (véase el anexo a la Resolución 42).

Asimismo, tal como se indica en la Resolución N.º 519 de la CAMR ORB-88, en una futura Conferencia competente se examinará la posibilidad de introducir algún tipo de sistemas provisionales SRS también en las Regiones 1 y 3.

Ciertos estudios [CCIR, 1986-1990a] han revelado que los límites de d.f.p. especificados en la Resolución Nº 42 pueden no bastar para proteger a todas las redes del SFS que utilizan transmisiones digitales según se dice en el Informe 873. Por lo tanto, cuando se establezca cualquiera de esos procedimientos de sistema provisionales en las Regiones 1 y 3, habrá de tomarse debidamente en cuenta la compartición entre sistemas SRS y redes SFS.

Los estudios ulteriores se basaron en características y criterios específicos algo diferentes para los sistemas del SFS. La fig. 1 muestra las separaciones angulares tropocéntricas requeridas que resultan entre los satélites de radiodifusión y los satélites del servicio fijo para cada uno de los sistemas del SFS considerados.

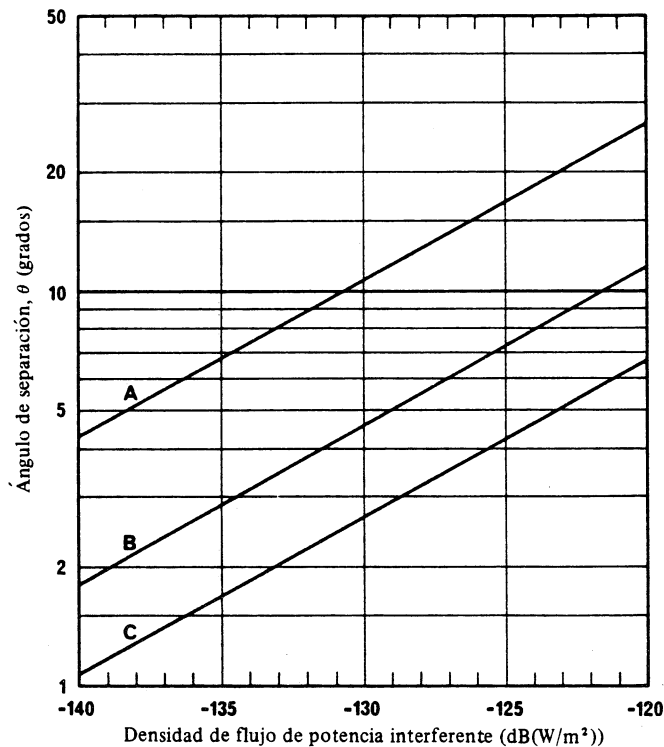


FIGURA 1 - *Ángulo de separación en función de la densidad de flujo de potencia (DFP) interferente*

$$25 \log \theta = C/I - C/T \cdot 10 \log T + DFP - 11,3$$

Curvas A: SCPC/MDF ($C/I = 18$ dB, $C/T = -172$ dB(W/K), $T = 200$ K)

B: MDF/MF ($C/I = 28$ dB, $C/T = -150$ dB(W/K), $T = 100$ K)

C: Transmisión de datos en banda ancha ($N/I = 14$ dB, $T = 500$ K, $B = 2,4$ MHz)

Se observa que los sistemas de un solo canal por portadora (SCPC) requerirán normalmente más protección que los sistemas de banda ancha.

En los alrededores del Estrecho de Bering y Dinamarca, puede ser extremadamente difícil conseguir una separación significativa de las zonas de servicio, de manera que la separación entre las posiciones de los satélites será la única fuente de discriminación, y la misma puede resultar inadecuada en cualquier caso para proporcionar márgenes de protección adecuados. Por lo tanto, quizás sea imposible conseguir en esta zona una compartición interregional en la misma frecuencia. Obviamente, esta no es una condición de compartición favorable. Una manera de mitigar el problema sería convenir en la utilización de estaciones terrenas receptoras del SFS con una sensibilidad de lóbulos laterales 10 dB menor cuando estén ubicadas muy cerca de la zona de servicio del SRS de la Región 2. Por parte del SRS se podría utilizar una disminución muy pronunciada de los lóbulos laterales de la antena del satélite del SRS [CCIR, 1982-86] para permitir que las estaciones terrenas del SFS de la Región 1 disminuyan su sensibilidad de lóbulos laterales con respecto al estricto valor mencionado más arriba, utilizando valores más normales a distancias mayores de la zona de servicio del SRS de la Región 2. En las zonas en las que África Occidental está más cerca del Este de América del Sur, se puede conseguir alguna discriminación de zonas de servicio mediante los diagramas de radiación de antena de las estaciones espaciales, según las zonas de cobertura escogidas. Las zonas de cobertura, tanto del servicio fijo por satélite en África Occidental como del servicio de radiodifusión por satélite del Este de América del Sur, deben escogerse teniendo en cuenta esta posibilidad. Además, el uso de antenas con haces cuidadosamente perfilados en los satélites puede mejorar la situación de compartición.

La fig. 2 muestra cómo se puede reducir la sensibilidad de los lóbulos laterales en función de la distancia, para diversos ángulos de apertura supuestos de los haces constituyentes del satélite del SRS (aberturas de los «minihaces»).

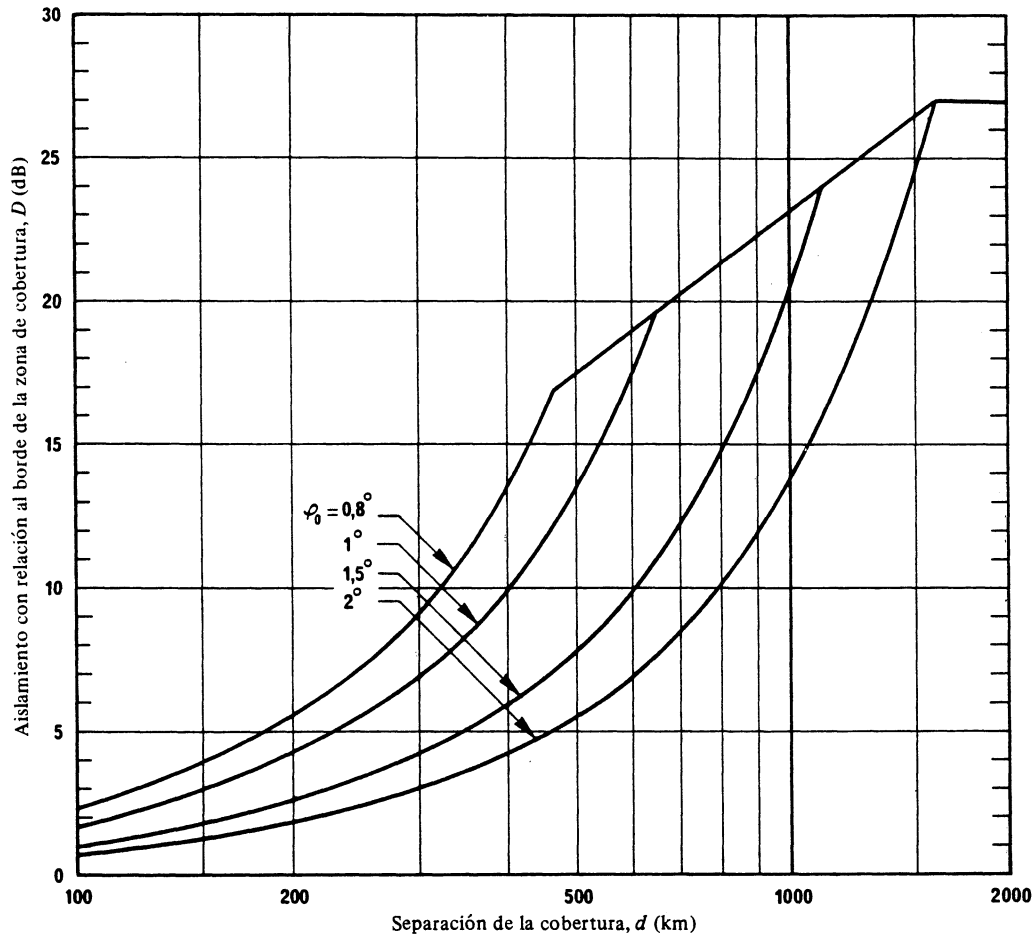


FIGURA 2 – Aislamiento del borde de la zona de cobertura con respecto a la separación en tierra de la zona de cobertura Este-Oeste

ϕ_0 : Abertura del haz del satélite de radiodifusión

En el anexo 6 al apéndice 30 (ORB-85) del Reglamento de Radiocomunicaciones se encuentran las líneas maestras de los requisitos de protección reales. Sin embargo, los requisitos expresados en pW0p (potencia de interferencia) no pueden utilizarse directamente en esta ecuación. Se precisan más estudios sobre la conversión de la potencia de interferencia expresada en pW0p, en un requisito de protección C/I utilizable.

4. Utilización de la absorción atmosférica en los cálculos interregionales

El apéndice 30 (ORB-85) del Reglamento de Radiocomunicaciones y las Actas Finales de la CARR SAT-83, parte I, facilitan en sus correspondientes anexos 1 (relativos a las modificaciones de los Planes respectivos) los niveles de la densidad de flujo de potencia (DFP) producida por el SRS de una Región en otra, que pueden hacer precisa la coordinación con respecto al servicio fijo por satélite. Igualmente, en sus respectivos anexos 4, proporcionan los niveles de DFP del SFS de una Región en otra que pueden hacer precisa la coordinación con respecto al SRS. Los cálculos en la dirección de las Regiones 1 a 3 hacia la Región 2 se basan en la utilización de la absorción atmosférica (anexo 6, § 2, parte I de las Actas Finales de la CARR SAT-83). La Resolución N.º 9 de la CARR SAT-83 trata, entre otras cosas, del empleo de la absorción atmosférica también en la dirección inversa.

En el § 5.3 del Informe 631 se estudia la absorción atmosférica.

5. Conclusiones

La compartición entre los servicios en las diferentes regiones se rige por los criterios de compartición adoptados en la CAMR-RS-77 y en la CAMR-79 (incluyendo en particular el apéndice 30 y las Resoluciones N.ºs 31, 34, 700, 701, 703 y la Recomendación N.º 708). Las características adoptadas en los Planes para los sistemas del servicio de radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 por la CAMR-RS-77 y en la Región 2 por la CARR SAT-83, limitan la utilización de determinadas posiciones orbitales cerca y entre las estaciones espaciales de los Planes para algunos sistemas sensibles del servicio fijo por satélite. Pueden paliarse hasta cierto grado estas restricciones mediante un diseño especial de la antena del satélite de radiodifusión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos del CCIR

[1978-82]: a. 10-11S/27 (Estados Unidos de América); b. 10-11S/131 (Estados Unidos de América).

[1982-86]: a. 4/230(10-11S/141) (Canadá).

[1986-1990]: a. 10-11S/168 (Intelsat).
