

INFORME UIT-R-BO.812-4

**PROGRAMAS DE COMPUTADOR PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO
DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE EN LA BANDA DE 12 GHz**

(Cuestión UIT-R 85-1/11)

(1978-1982-1986-1990-1994)

1 INTRODUCCIÓN

Durante el trabajo preparatorio para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 (CAMR-77) y en la Región 2 (CARR SAT-83), se elaboraron varios programas de computador de *síntesis* para facilitar la planificación. Aunque actualmente estos programas están anticuados en algunos aspectos (soporte lógico, computador utilizado, etc.) son útiles para disponer de un resumen del método empleado.

La Oficina de Radiocomunicaciones (BR) ha elaborado programas de *análisis* para evaluar los resultados de los planes durante ambas Conferencias. Estos programas de análisis tienen que utilizarse ahora al comparar los resultados de los diversos programas de síntesis.

2 RESUMEN DE LOS PROGRAMAS DE SÍNTESIS

Se dispone de programas de síntesis para determinar las dimensiones óptimas del haz para límites arbitrarios, la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) óptima, el factor de calidad (G/T) óptimo del receptor correspondiente, las posiciones orbitales óptimas para una serie no homogénea de satélites de radiodifusión y para estimar la posición orbital compatible, y las asignaciones de canales y de polarización con arreglo a una diversidad de criterios de funcionamiento y requisitos de los usuarios.

En los siguientes párrafos se proporciona una descripción general de los aspectos tratados en los diversos programas. En el anexo figura una lista de los programas.

2.1 *Programas de síntesis de la configuración del sistema y evaluación del costo*

2.1.1 *Finalidad de los programas*

La finalidad de estos programas es determinar un sistema de telecomunicación por satélite de costo mínimo, sujeto a diversas limitaciones de rendimiento y exigencias de servicio (tanto en lo relativo al número de canales como a la ubicación de las estaciones). Se trata de determinar la combinación de parámetros fundamentales, es decir, la p.i.r.e. del vehículo espacial, el diámetro de la antena de la estación terrena, la temperatura de ruido del receptor y la potencia del transmisor de la estación terrena, que responda a un criterio de costo mínimo, como las inversiones de capital, o el valor actual. Todos los programas realizan una investigación exhaustiva, garantizando con ello la obtención de un mínimo global. Dos de los programas se refieren concretamente a satélites de radiodifusión, en tanto que el tercero trata del servicio telefónico y de televisión conjuntamente, para hallar un sistema general óptimo.

Un cuarto programa examina los costos derivados del empleo de varias técnicas para ahorrar espectro, tanto en los sistemas de radiodifusión por satélite como del servicio fijo por satélite, y constituye un medio para utilizar al máximo la órbita y el espectro. Dicho programa no efectúa asignaciones orbitales, de frecuencias ni de polarización. En los documentos sometidos al UIT-R enumerados en el anexo, figuran descripciones más completas de los distintos programas.

2.1.2 Optimización de la posición del satélite

Se ha elaborado una técnica de programación no lineal para la optimización de las posiciones orbitales de una serie de satélites de radiodifusión no homogéneos de características dadas. El criterio de optimización se basa en reducir al mínimo el arco total ocupado por todos los satélites. Se supone que todas las transmisiones se efectúan en el mismo canal y con igual polarización. El límite de optimización viene fijado por la relación total portadora/interferencia en cada receptor producida por las transmisiones de todos los demás satélites. Durante el procedimiento de optimización, no se modifica el orden de los satélites. En [CCIR, 1978-82a] se dan detalles de la técnica utilizada.

La Secretaría del CCIR ha dado a conocer otro proceso de optimización, desarrollado en el Japón que utiliza un programa de computador [CCIR, 1978-82b]. Si bien ese programa de computador fue desarrollado para aplicarlo al servicio fijo por satélite, se considera que puede revestir también interés para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite.

También se examinan los procedimientos de optimización pertinentes en el Informe 453, § 8.2.2.

2.1.3 Optimización de los haces de antena

La CAMR-RS-77 adoptó, a efectos de la planificación, haces elípticos (o circulares) para las antenas de satélite. La elipse habría de elegirse de modo que contuviese un polígono cuyos vértices los suministraría cada administración para definir su zona de servicio. Con objeto de reducir al mínimo la potencia en el satélite así como la interferencia fuera de la zona de servicio, esa elipse debe tener la menor superficie compatible con la cobertura deseada. Seguidamente se describen tres programas de computador destinados a determinar las características (punto de puntería, dimensiones y orientación) de tal elipse.

2.1.3.1 Programa desarrollado en Canadá

En Canadá [CCIR, 1978-82c, d; Chouinard, 1981a, b] se ha desarrollado un programa de computador en que se utiliza ampliamente la trigonometría esférica para simplificar la optimización de haces circulares y elípticos en un proceso de convergencia numérica bidimensional. Ese proceso de convergencia es totalmente automático y el programa es de tipo interactivo lo que permite que el usuario modifique los parámetros del sistema y controle la ejecución del programa. En el cálculo de los parámetros del haz elíptico mínimo y de la p.i.r.e. requerida se tienen en cuenta tanto los errores admisibles de puntería y de rotación de la antena transmisora como la atenuación debida a la lluvia. También se da la potencia de transmisión como una indicación de la viabilidad práctica del sistema.

2.1.3.2 Programa de búsqueda desarrollado en Estados Unidos de América

Con arreglo a este programa [CCIR, 1978-82e; Akima, 1981] se hacen una serie de búsquedas para gamas suficientemente amplias de la longitud y la latitud del punto de puntería, de las orientaciones de la elipse, de las relaciones axiales y de las longitudes del eje principal de la elipse, con objeto de determinar los parámetros de la elipse mínima. Durante el procedimiento de búsqueda se tienen en cuenta tanto las tolerancias de puntería como la tolerancia de ángulo de orientación. El tiempo de computador y su coste dependen de las dimensiones de los pasos de los parámetros utilizados durante las búsquedas. Con una dimensión de paso de $0,1^\circ$ tanto para la latitud como para la longitud del punto de puntería, de 1° para el ángulo de orientación de la elipse, de $0,2$ para la relación axial y de $0,1^\circ$ (tal como se mide desde las coordenadas del satélite) para el eje principal, el tiempo de cálculo para una elipse corriente es de unos dos segundos y el coste correspondiente de aproximadamente 0,70 dólares (US\$) cuando el programa se ejecuta en un computador CDC CYBER 170/750.

2.1.3.3 Programa desarrollado en Estados Unidos de América utilizando técnicas de programación no lineales

En los problemas de optimización más complejos no pueden obtenerse soluciones en la práctica mediante diferenciación directa. Los programas de computador utilizan, pues, un método de aproximaciones sucesivas. El programa se formula en términos de una función objetiva, cuyo valor ha de minimizarse, y una o varias ecuaciones de limitación. Si la función objetiva o cualquiera de las ecuaciones de limitación son no lineales, esta técnica se denomina técnica de programación no lineal.

En este programa [CCIR, 1978-82e], las ecuaciones de limitación indican que todos los puntos dados han de situarse sobre la elipse o dentro de ella. Esas ecuaciones son no lineales y tienen cinco parámetros fijos, relativos a las coordenadas del centro, sus dimensiones (ejes mayor y menor) y su orientación con respecto a una línea de referencia dada. Por tanto, el computador ha de realizar una búsqueda en un espacio de cinco dimensiones. Este programa utiliza un método descrito por Nelder y Mead denominado búsqueda de un poliedro.

Las tolerancias de puntería de la antena se incluyen en las ecuaciones de limitación, exigiendo que los puntos de limitación caigan dentro de la elipse al menos hasta la tolerancia direccional, y que permanezcan dentro de esa tolerancia cuando la elipse gire, en uno u otro sentido, por la tolerancia de rotación.

Además, el programa calcula la potencia necesaria para producir determinada p.i.r.e. desde el satélite, teniendo en cuenta la zona hidrometeorológica de la zona de servicio, el modelo de atenuación atmosférica utilizado y el ángulo mínimo en cualquiera de los puntos del polígono.

2.1.3.4 Nueva optimización

En los procedimientos anteriores se describe la optimización de los contornos de la p.i.r.e. En algunos casos, la densidad de flujo de potencia resultante con respecto a la zona de servicio presenta una gran dispersión debido a las condiciones climáticas variables dentro de la zona.

Hay otra fase de la optimización [CCIR, 1978-82d] con la dispersión de la densidad de flujo de potencia reduciendo iterativamente el contorno de ganancia constante de tal modo que la potencia requerida mínima de la señal se alcance o exceda en cada vértice del polígono que delimita la zona de servicio necesaria en las condiciones climáticas de que se trate. Con este proceso se reduce más aún la potencia requerida del satélite y también las posibilidades de interferencia.

2.2 Asignación de órbita, espectro y polarización para múltiples usuarios de satélites de radiodifusión

Los programas siguientes ofrecen otros métodos de computador para la asignación de frecuencias, posiciones orbitales y polarizaciones para satélites de radiodifusión. En general, estos programas de computador permiten elaborar planes para la transmisión de un programa de televisión por zona de servicio, pero también pueden utilizarse para ciertas situaciones de asignación de canales no regulares.

En los programas de computador preparados por Télédiffusion de France (TDF), el programa se ha dividido en tres partes que permiten asignar de un modo separado y sucesivo los canales, las posiciones orbitales y las polarizaciones. Para los canales, se consideran matrices copolares y de polarización cruzada de discriminación de la emisión, y se procura asignar canales distintos y no adyacentes a los utilizados en las zonas de servicio que estén más expuestas a interferencias mutuas, es decir, a las que correspondan a los términos menores de la matriz. Así, con la asignación de canales se tiende a eliminar los casos de interferencias más peligrosas. Las posiciones orbitales y las polarizaciones se determinan luego de modo que se eleve al máximo el margen de protección de la zona de servicio que sufre la interferencia más intensa; desde este punto de vista, el método asegura una verdadera optimización del plan.

En los programas de computador preparados por la RAI, se comienza por asignar las posiciones orbitales según las necesidades de las distintas zonas de servicio. Como las posiciones se fijan así desde un principio, se evita calcular varios haces por zona de servicio y se puede también evitar el cálculo de las matrices de discriminación de emisión, pasando directamente al de la matriz de interferencias. El algoritmo de asignaciones se basa en el examen de una matriz de compatibilidad, que indica si dos zonas de servicio pueden o no utilizar el mismo canal o el canal adyacente y la misma polarización. Con ayuda de métodos de investigación operativa, se asignan las polarizaciones y luego los canales, a fin de reducir a un mínimo el número total de canales necesarios para la planificación, a condición de que ninguna zona de servicio tenga un margen de protección negativo. Por último, se pueden modificar las asignaciones iniciales de posiciones y repetir el ciclo de cálculo, a fin de mejorar los resultados.

Se ha mejorado recientemente [Carmassi y Tomati, 1983] el programa de computador de la RAI con el uso extensivo de la teoría de grafos. El primer paso sigue siendo la asignación de posiciones orbitales a las distintas zonas de servicio. Seguidamente se calculan la polarización, los canales y la separación mínima entre portadoras (cuando es necesario determinarla) por un procedimiento optimizado (no se omite ninguna de las posibles soluciones), según la distribución deseada de las atribuciones de canales con la anchura de banda RF disponible.

En Canadá, en el marco de la preparación de la CARR SAT-83, se han desarrollado recientemente, y realizado por medio de computador, tres métodos adicionales de asignación de órbita, frecuencia y polarización para usuarios múltiples de los satélites de radiodifusión. Todos ellos pueden acomodar limitaciones operativas de carácter administrativo; por ejemplo, satélites de haces múltiples, posiciones orbitales, canales y polarizaciones específicos, etc.

El primer método, BSS CAPS [Christensen, 1981 y Leonard, 1981] tiene las siguientes características:

- rápida evaluación de una función objetiva de un solo valor, que constituye una medida de la gravedad de la interferencia total del plan del servicio de radiodifusión por satélite cuya síntesis se efectúa; y
- una serie de programas de computador que permiten al planificador introducir cambios sucesivos, tanto manual como automáticamente, en las asignaciones de canales y/o polarizaciones y, manualmente, en la asignación de longitudes a los satélites.

Aplicando repetidamente las diversas opciones de programación manuales y automáticas se reduce al mínimo la interferencia, tal como la indica la función objetiva. Teniendo en cuenta la dificultad de prever la metodología y limitaciones de planificación exactas que se adoptarán en la CARR SAT-83, se ha concebido el programa BSS CAPS de forma a proporcionar un máximo de flexibilidad al planificador.

El segundo método, método de repercusión mínima [Nedzela y Sidney, 1981], tiene su origen en las matrices de separación orbital mínima y produce un plan asignando simultáneamente un canal, una posición orbital y una polarización a cada zona de servicio de forma tal que se eleve al máximo el número de asignaciones posibles que se dejan para la próxima zona de servicio. El programa proporciona como primera aproximación una indicación de la capacidad máxima órbita/espectro correspondiente a las limitaciones supuestas y constituye un buen punto de partida para el perfeccionamiento ulterior mediante una de las otras rutinas.

El tercer método [Chouinard y Vachon, 1981], que utiliza la síntesis «Branch and Bound», comienza con la asignación de posiciones orbitales iniciales a partir de las cuales se generan las matrices de compatibilidad de forma similar a la del método de la RAI. Se determinan seguidamente todas las asignaciones simultáneas posibles de canales y polarizaciones y, a base de ellas, se establece el plan que se ajusta a:

- la relación de protección para una sola entrada,
- la relación de protección global, y
- la separación mínima entre las portadoras.

El carácter exponencial de este proceso de asignación exhaustivo exige técnicas especiales para limitar el tiempo de cómputo. El programa indica aquellas zonas de servicio que imponen limitaciones al plan para que se puedan modificar las posiciones orbitales.

Los tres programas precedentes están destinados a utilizarse de manera complementaria a fin de obtener la máxima flexibilidad y comprensión.

3 PROGRAMAS DE ANÁLISIS DE INTERFERENCIA

3.1 Introducción

Para preparar las conferencias de planificación, algunas administraciones han proporcionado a la BR varios programas de análisis de interferencia (véase la lista en el anexo).

Para las conferencias, la BR ha elaborado a partir de estos programas su propio soporte lógico que se ha utilizado durante el proceso de planificación.

La BR ha elaborado el sistema de soporte lógico de computador MSPACE para analizar y determinar los requisitos de coordinación de los Planes para redes espaciales de los apéndices 30, 30A y 30B del Reglamento de Radiocomunicaciones. Estos apéndices tratan específicamente de los Planes establecidos en la CAMR-77, la CARR-83 y la CAMR ORB-88, así como las Conferencias Administrativas Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones.

3.2 MSPACE y MSPACEG

Los programas de computador MSPACE y MSPACEG, principales componentes del sistema MSPACE, son los programas que realizan el análisis real. Son similares pero tienen la siguiente diferencia:

- MSPACE realiza el análisis utilizando haces elípticos en todos los casos.
- MSPACEG realiza el análisis utilizando contornos de haz conformado (del sistema de gestión de interferencia gráfica (GIMS, Graphics Interference Management System) de la IFRB) si se dispone de la información relativa al haz conformado. En todos los otros casos, utiliza haces elípticos.

Se puede llevar a cabo un análisis completo del Plan (o de parte del Plan). Existe también la posibilidad de pedir un análisis detallado de un canal determinado de un haz determinado en una posición determinada. Con el análisis detallado se obtienen muchos resultados intermedios.

3.3 Descripción

Los programas MSPACE y MSPACEG cambian frecuentemente para adaptarse a los cambios de la tecnología. La versión actual del sistema MSPACE se describe en la versión última del "Catálogo de soporte

lógico para la gestión del espectro radioeléctrico" que publica periódicamente la UIT. En la documentación que viene con el soporte lógico MSPACE, que puede adquirirse siguiendo las instrucciones del "Catálogo", figuran otros detalles respecto al sistema MSPACE.

3.4 Entradas

Tanto el sistema MSPACE como el sistema MSPACEG requieren un fichero de entrada que contenga los parámetros del Plan, o de parte del Plan, que se ha de analizar. Como existen seis Planes, o partes de Planes, existen también seis ficheros de entrada posibles. Se debe editar cada uno de estos ficheros de entrada con el fin de garantizar que contiene los haces apropiados para el análisis y que posean los parámetros adecuados.

El formato de estos ficheros de datos es básicamente el mismo para cada Plan o parte de un Plan, aunque en algunos casos tal vez no sean necesarios algunos elementos de datos. Para poder utilizar adecuadamente MSPACE y MSPACEG, el usuario debe estar familiarizado con los diversos elementos del fichero de datos de entrada.

El MSPACEG también requiere GIMS para la entrada.

En los ficheros de entrada se incluyen muchos parámetros en lugar de codificarlos en los programas. Por ejemplo, el error de puntería, el error de rotación y el error de mantenimiento en posición de la estación, que se pueden poner a cero si se han de pasar por alto los efectos de estos errores.

3.5 Salidas

Según la opción elegida, existen dos o tres ficheros de salida de MSPACE y MSPACEG, además de un fichero de registro que contiene diversos mensajes del programa:

- el fichero de conclusiones, que contiene la lista de situaciones en que se requiere coordinación. Si no se requiere coordinación, el fichero estará vacío;
- el fichero de la situación de referencia, que contiene las situaciones de referencia recientemente calculadas. Según la opción seleccionada, este fichero puede servir para todos los haces o sólo para algunos haces seleccionados;
- el fichero de detalles, que contiene los resultados intermedios detallados para un solo haz. Este fichero es facultativo y se crea cuando se solicita un análisis detallado de un solo haz;
- existe también un registro de salida. Cuando funcionan interactivamente, ese registro de salida estará en la pantalla del terminal. De lo contrario, es el propio fichero de registro por lotes (batch log), que no contiene los resultados del análisis, sino mensajes de error, mensajes de estado (como el número del haz que se está procesando), etc.

3.6 Requisitos del soporte físico y del soporte lógico

MSPACE y MSPACEG están escritos en ANSI FORTRAN 77. MSPACE puede convertirse fácilmente a cualquier entorno que admita FORTRAN 77. Sin embargo, dado que MSPACEG necesita el fichero de datos y el lote GIMS, no se puede transportar fácilmente.

En la IFRB, MSPACE y MSPACEG funcionan en la unidad central de procesos Siemens de la UIT. Además, MSPACE está disponible en un PC* IBM (o compatible) que funcione en DOS, utilizando la versión 5.0 FORTRAN de Microsoft.

* MSPACEG no está disponible en PC porque requiere el fichero de datos GIMS, y éste no está disponible en el PC.

3.7 Límites

Existen diversos límites internos en MSPACE Y MSPACEG:

- el número máximo de haces que pueden analizarse a la vez es 350;
- el número máximo de canales por haz es 20;
- el número máximo de puntos de prueba por haz es 10 para el enlace ascendente y 10 para el enlace descendente;
- el número máximo de contribuciones de una sola entrada a un haz que excede las permitidas en el apéndice 30B es 20.

Estos límites pueden modificarse fácilmente cambiando los enunciados PARAMETER en los programas. Sin embargo, todo aumento puede hacer más difícil la adaptación de MSPACE en los límites de DOS.

4. Consideraciones adicionales

4.1 *Consideraciones relativas a los haces perfilados*

Uno solo de los programas examinados en este Informe incluye, como parte de un programa de análisis, la utilización de haces perfilados, mientras que tales haces pueden ser convenientes para la utilización eficaz de la órbita y del espectro, así como de la potencia de la estación espacial. Algunas administraciones tienen en estudio el empleo de haces perfilados y se están desarrollando programas de computador *adicionales* para incorporar tales haces en el proceso de *análisis*. El programa de análisis utilizado durante la CARR SAT-83 no incluye esta posibilidad, pero sí la de utilizar un diagrama de «caída rápida» como opción del diagrama de radiación de referencia de la antena transmisora de la estación espacial (véanse las Actas Finales de la CAMR ORB-85). Pueden ser necesarios programas de computador de este tipo para planificar en el futuro el servicio de radiodifusión por satélite a fin de tratar las especificaciones de dichos haces que puedan presentar algunas administraciones. Es necesario proseguir el estudio de la conveniencia y factibilidad de incorporar los haces perfilados en los programas de planificación.

4.2 *Métodos de computador para la planificación simultánea del servicio de radiodifusión por satélite y los enlaces de conexión*

Cuando la planificación del Servicio de Radiodifusión por Satélite (SRS) y la de los Enlaces de Conexión Asociados (ECA) se efectúa independientemente, se necesitan dos programas de computador diferentes para probar y evaluar los planes separados SRS y ECA. Estos programas serán semejantes, pero tendrán también características distintas, en particular en lo que se refiere a los parámetros de entrada. Cuando el SRS y los ECA se planifican simultánea y conjuntamente, los métodos de computador necesarios no se limitan a la mera combinación de los dos programas separados. Las características siguientes son deseables en un programa combinado de análisis por computador del SRS y los ECA, a fin de probar y evaluar los planes completos correspondientes, en particular, las que aprovechan la mayor flexibilidad que la planificación simultánea permite:

- Máxima flexibilidad para tratar condiciones imprevistas y cambios de los valores de los parámetros o de los modelos.
- Capacidad para determinar el emplazamiento de los enlaces de conexión que da lugar a la relación portadora/interferencia más desfavorable de los mismos.
- Capacidad para analizar planes de enlaces de conexión por separado, planes del SRS por separado, o ambos conjuntamente.
- Capacidad para permitir especificaciones independientes de las frecuencias y las zonas de servicio de los enlaces de conexión y del SRS y admitir cualquier relación entre ambas.
- Capacidad para especificar la potencia de los enlaces de conexión en términos de p.i.r.e. o de relación portadora/ruido en el satélite, incluidos los márgenes por lluvia adecuados.
- Capacidad para incorporar posibles sistemas no normalizados.

ANEXO I

LISTA DE DOCUMENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Programas de síntesis

1.1 Síntesis de la configuración de los sistemas y evaluación del costo

CCIR, Doc. 11/136 (Estados Unidos de América) [1974-78] Programas de computador para la planificación de sistemas de radiodifusión por satélite.

«STAMP»: Satellite telecommunications analysis modelling program; por Stagl, T. W. y otros [octubre de 1973]. Computer-aided communication satellite system analysis and optimization, Washington University Report R(T)-73/2.

Computer Sciences Corp. [1973] A computer program for evaluating and synthesizing broadcasting-satellite systems por G. Knouse, W. Hodge y L. Shameson, Informe final N.º 4169-011, preparado para NASA, Washington, DC., Estados Unidos de América.

Communication satellite optimization program, por W. C. Mitchell [junio de 1975] The use of satellites in meeting the telecommunications needs of developing nations. Ph. D. Dissertation, Stanford University Communication Satellite Planning Center. Technical Report No. 1, preparado para NASA - Ames Grant NGR 05-020-659.

Minimum cost satellite systems with maximum use of the orbit-spectrum program, por S. P. Russell [junio de 1976] Techno-economic considerations in orbit-spectrum utilization. Ph. D. Dissertation, Stanford University Communication Satellite Planning Center. Technical Report No. 3.

CCIR, Doc. 10-11S/35 [1978-82a].

1.2 Optimización de los haces de la antena del satélite

Akima, H. [octubre de 1981] A method of determining the minimum elliptical beam of a satellite antenna. NTIA Report 81-88 (disponible en NTIS, Springfield, Va. 22161, Estados Unidos de América, Order No. PB 82-153966).

CCIR, Doc. 10-11S/167(Rev.1) (Canadá) [1978-82c] Soporte lógico de computador para el servicio de radiodifusión por satélite - Optimización del haz del satélite.

Chouinard, G. [marzo de 1981a] Satellite beam optimization for the broadcasting-satellite service. *IEEE Trans. Broadcasting*, Vol. BC-27, 1, 7-20.

Chouinard, G. [mayo de 1981b] Satellite beam optimization in the broadcasting-satellite service. ITU/CITEL/DOC-CANADA Preparatory Seminar for 1983 RARC, Ottawa, Canadá.

CCIR, Doc. 10-11S.135 + Add.1 (Estados Unidos de América) [1978-82e] Optimización de los haces de antena elípticos.

1.3 Asignación de órbita, espectro y polarización para usuarios múltiples de satélites de radiodifusión

CCIR, Doc. 11/59 (TDF-Francia) [1974-78] Descripción de un programa experimental de computador para la planificación de un sistema de radiodifusión por satélite.

Sauvet-Goichon, D. [febrero de 1976] A method of planning a satellite-broadcasting system. *EBU Rev. Tech.*, 155, 12-20.

CCIR, Doc. 11/119 (RAI-Italia) [1974-78] Programa de computador para la elaboración de planes de asignación de frecuencias en los sistemas de radiodifusión por satélite.

CCIR, Doc. 10-11S.166 (Canadá) [1978-82d] Métodos de síntesis para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite.

Carmassi, F. y Tomati, L. [abril de 1983] A theory of frequency assignment in broadcasting network planning. *EBU Rev. Tech.*, 198.

Chouinard, G. y Vachon, M. [mayo de 1981] Procédé de synthèse de plan par ordinateur utilisant une méthode d'assignation et de sélection inductive. ITU/CITEL/DOC-CANADA Preparatory Seminar for 1983 RARC, Ottawa, Canadá.

Christensen, J. [mayo de 1981] BSS CAPS, A system description. ITU/CITEL/DOC-CANADA Preparatory Seminar for 1983 RARC, Ottawa, Canadá.

Leonard, R. A. [mayo de 1981] BSS CAPS, Computer Program Algorithms and Documentation. ITU/CITEL/DOC-CANADA Preparatory Seminar for 1983 RARC, Ottawa, Canadá.

Nedzela, M. y Sidney, J. B. [mayo de 1981] A Synthesis Algorithm for Broadcasting-Satellite Service. ITU/CITEL/DOC-CANADA Preparatory Seminar for 1983 RARC, Ottawa, Canadá.

CCIR, Doc. 10-11S.121 (Secretaría del CCIR) [1978-82b] Un programa de computador para minimizar la separación entre satélites geostacionarios.

Ito, Y., Mizuno, T. y Muratani, T. [octubre de 1979] Efficient utilization of geostationary orbit through optimization. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-27, 10, 1551-1558.

2. Programas para análisis de la interferencia

CCIR, Doc. 11/75 (UER) [1974-78] Evaluación de un plan de asignaciones de canales, posiciones orbitales y polarizaciones.

Mertens, H. [octubre de 1975] The evaluation of interference in a plan for satellite broadcasting in the 12 GHz band. *EBU Rev. Tech.*, 153, 226-236.

CCIR, Doc. 10-11S/132 (Estados Unidos de América) [1978-82] Programas de computador para diagramas de radiación de antena arbitrarios.

CCIR [1982] Bases técnicas para la Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones de 1983 para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2. Informe de la Reunión Preparatoria del CCIR, Reunión Mixta de las Comisiones de Estudio 4, 5, 9, 10 y 11, Ginebra, 28 de junio-9 de julio de 1982.

ORI [1974] Spectrum orbit utilization program user's manual. Informe técnico 830, preparado para NASA/GSFC, Greenbelt, Md., Estados Unidos de América.

ORI [1982a] SOUP 5 Version 3 User's Manual. ORI TR 2039, 29 de noviembre de 1982, preparado bajo Contrato N.º NAS3-22885 para NASA Lewis Research Center.

ORI [1982b] SOUP 5 Version 3 Technical Manual. ORI TR 2053, 29 de noviembre de 1982, preparado bajo Contrato N.º NAS3-22885 para NASA Lewis Research Center.

Reinhart, E. E. [1974] Orbit-spectrum sharing between the fixed-satellite and broadcasting-satellite services with applications to 12 GHz domestic systems. Rand Corp., Informe R-1463-NASA preparado para NASA/GSFC, Greenbelt, Md., Estados Unidos de América.

FCC [1975] Convolution method of interference calculation. User's Manual and Results. Informe FCC N.º RS75-04, Washington, DC, Estados Unidos de América.

FCC [1974] User's manual for «COORD» (FCC coordination center program for domestic satellite earth stations). Informe FCC N.º RS74-03.

Harper, E. L. [1976] A computer program to calculate the spectral density of multi-channel FDM/FM carriers. En preparación, NASA/GSFC, Greenbelt, Md., Estados Unidos de América.

Ferris, C. C. [abril de 1968] Spectral characteristics of FDM-FM signals. *IEEE Trans. Comm. Tech.*, Vol. COM-16, 2, 233-238.

CCIR, Doc. 11/138 (Canadá) [1974-78] Simulación por computador utilizada para la planificación con miras a la Conferencia Administrativa Mundial de Radiodifusión por Satélite.

CCIR, Doc. 11/145 (ESA) [1974-78] Programas de computador desarrollados con miras a la Conferencia Administrativa Mundial de Ginebra, 1977.

CCIR, Doc. 11/167 (Japón) [1974-78] Programa de computador para la evaluación de los planes preliminares tomando como base datos hipotéticos.

Documento N.º 27 presentado a la CAMR-RS-77 por la IFRB, 29 de diciembre de 1976.

Jeruchim, M. C. y Kane, D. A. [1970] Orbit/Spectrum Utilization Study, Vol. IV. (Puede obtenerse a través del NTIS (National Technical Information Service), US Dept. of Commerce, Washington DC, Estados Unidos de América.)
